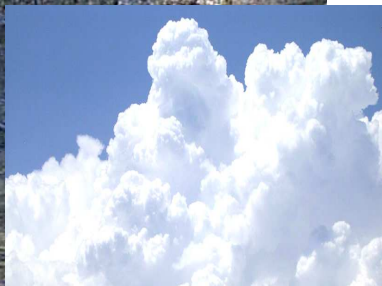


# Influència dels usos del sòl en l'evolució de la dinàmica hidrològica d'una conca

Estudi de cas a l'Anoia, 1977-2008

**Volum I, Memòria**



Roc Padró i Caminal  
Tutor: Josep Carles Balasch Solanes  
Treball Pràctic Tutorat  
Enginyeria Tècnica Forestal  
Esp. Explotacions Forestals  
Novembre de 2009



## **agraïments**

A LA FAMÍLIA DE TERRASSA. PERQUÈ HAN ACCEDIT VOLUNTÀRIAMENT A LLEGIR PÀGINES I PÀGINES DE METODOLOGIA. ESPECIALMENT AGRAEIXO L'AJUDA DE LA MEVA MARE EN LES PROPOSTES I MILLORES.

A LA FAMÍLIA DE LA FONDA ESTRUCH: BLANCA, ARNAU, BÀRBARA I AL RUBEN. A UNS PER ESCOLTAR LES MEVES CABÒRIES. A LA BÁRBARA PER, A MÉS A MÉS, HAVER D'ENTENDRE EL QUE DEIA.

A LA MAR GRAU, PER TOTES LES HORES D'APRENENTATGE QUE ENCARA HEM DE COMPARTIR.

A LA MONTSE, UNA BIBLIOTECÀRIA EXTRAORDINÀRIA I FANTÀSTICA. AMB ELLA, ELS ORDINADORS I LES BASES DE DADES SÓN MERS APRENENTS.

AL CARLES BALASCH PER ACCEPTAR TUTORAR EL TREBALL. I PER CEDIR-ME PART DEL SEU TEMPS PREUAT.

AL RAFA RODRÍGUEZ I AL JOSE RAMON OLARIETA PER GUIAR-ME EN L'APARTAT DE LITOLOGIA. I PER DESPERTAR-ME L'INTERÈS PER LES CIÈNCIES DEL SÒL.

A LA SÍLVIA ESPINAL PER ENSENYAR-ME PACIENTMENT LES MISTERIOSES ARTS DELS SISTEMES D'INFORMACIÓ GEOGRÀFICA.

A L'AGÈNCIA CATALANA DE L'AIGUA I AL SERVEI METEOROLÒGIC DE CATALUNYA PER CEDIR-ME LES DADES DE CABALS I DE TEMPERATURA.

A TOTS ELS QUE INVOLUNTÀRIAMENT HAN HAGUT DE SENTIR A PARLAR DE L'EVOLUCIÓ DELS USOS DEL SÒL A L'ANOIA EL PERÍODE 1977-2005 DURANT ELS DARRERS MESOS.

# Índex

	Pàgina
1. Introducció.....	5
2. Hipòtesis.....	7
3. Objectius.....	8
4. Àrea d'estudi	
4.1. Selecció de l'àrea d'estudi.....	9
4.2. Descripció general de la conca del riu Anoia.....	11
4.3. Característiques socioeconòmiques de la comarca de l'Anoia.....	18
5. Materials i mètodes	
5.1. Disseny i tipus d'estudi.....	19
5.2. Variables d'estudi.....	20
5.3. Materials i obtenció de la informació.....	24
5.3.1. Selecció de les estacions pluviomètriques i estudi d'idoneïtat.....	25
5.3.2. Selecció d'estacions termomètriques.....	26
5.4. Diagrames de síntesi de materials i mètodes.....	27
5.5. Mètodes	
5.5.1. Gestió de les dades .....	31
5.5.2. Tractament de les dades territorials amb SIG.....	33
5.5.3. Creació de la base de dades d'estudi.....	34
5.5.4. Modelització del NC.....	35
5.5.5. Tractament estadístic.....	36
5.5.6. Determinació de les variables de càlcul	
5.5.6.1. Variables climatològiques.....	38
5.5.6.2. Variables hidrològiques.....	41
5.5.6.3. Variables hidràuliques.....	42
6. Resultats i discussió	
6.1. Factors condicionants de la dinàmica hidrològica	
6.1.1. Meteorologia	
6.1.1.1. Valors anuals de precipitació.....	45
6.1.1.2. Valors anuals de temperatura i evapotranspiració.....	46

6.1.2. Usos del sòl	
6.1.2.1. Evolució dels usos del sòl entre 1977 i 2005.....	47
6.1.2.2. Canvis en els usos del sòl.....	49
6.1.2.2.1. Incendis.....	50
6.1.2.3. Número de corba	
6.1.2.3.1. Número de corba dels anys 1977 i 2005.....	53
6.1.2.3.2. Increment del número de corba en relació a la superfície cremada.....	54
6.1.2.3.3. La superfície afectada per incendis com a variable explicativa dels canvis en el NC.....	55
6.1.2.3.4. Estimació de la evolució del número de corba en el període de 1977 a 2008.....	57
6.2. Anàlisi de la dinàmica hidrològica	
6.2.1. Volum d'escolament.....	61
6.2.2. Relació del volum d'escolament amb variables meteorològiques i de superfície	
6.2.2.1. Relació diària entre el volum d'escolament i les variables precipitació, temperatura o evapotranspiració i número de corba.....	62
6.2.2.2. Relació diària entre el volum d'escolament i les variables precipitació, temperatura o evapotranspiració i paràmetres de intensitat de pluja.....	64
6.2.2.3. Evolució temporal del coeficient d'escolament anual.....	65
6.2.2.4. Relació anual entre el volum d'escolament i les variables precipitació anual, temperatura mitjana o evapotranspiració i número de corba.....	66
6.2.3. Hidrogrames dels aiguats de disseny per un període de retorn de 10 anys en funció dels NC de 1977 i de 2005	
6.2.3.1. Pluja de disseny per un període de retorn de 10 anys....	67
6.2.3.2. Pluja neta.....	68
6.2.3.3. Hidrogrames estimats.....	70
6.2.3.4. Comparació entre l'hidrograma de sortida estimat per l'any 1977 i el de 2005.....	72
7. Conclusions.....	74
8. Bibliografia.....	75

## 1. Introducció

En els darrers anys, el debat entorn als recursos hídrics a la zona mediterrània està prenent molta rellevància, en particular davant les situacions creixents de sequera – com ara l'episodi de 2007-2008 a Catalunya<sup>1</sup>–.

Tot i que molt sovint s'associen les fluctuacions dels cabals al canvi climàtic – és a dir, a fluctuacions en la distribució de la precipitació i a l'increment de la temperatura – (Ayala-Carcedo, 1996), cal tenir en compte que els recursos hídrics disponibles, tal i com indiquen Gallart *et al.* (2004), depenen de tres variables bàsiques: la precipitació, la temperatura i els usos del sòl.

En l'actualitat ja s'han fet estudis de les tendències de decrement en la precipitació i d'increment en la temperatura (Barrera *et al.*, 2004; Burgueño, 2004; Mimikou *et al.*, 2000; Möller *et al.*, 2007; Rodrigo, 2002; Saladié *et al.*, 2004) i la majoria coincideixen en remarcar el seu paper fonamental en la quantitat d'aigua disponible. Aquesta informació s'ha fet extensiva a la major part de la població, però continua havent-hi molt desconeixement de l'efecte de la ordenació del territori en el cabal sortint d'una conca. I és realment important prendre consciència d'aquest fet per a poder dur a terme polítiques que integrin, en la gestió dels recursos hídrics, l'evolució dels usos del sòl – ja que no cal perdre de vista que, per exemple, la intercepció pot arribar a representar, sota d'una coberta forestal, entre un 20 i un 30% de la precipitació anual (García-Ruiz *et al.*, 2001) –.

L'estudi de la resposta hidrològica d'una conca degut al canvi d'usos del sòl, pot comportar a vegades l'ús de models molt complexos en base a dades difícils d'obtenir<sup>2</sup> (per exemple Karvonen *et al.*, 1999; Naef *et al.*, 2002; Niehoff *et al.*, 2002; Zimmermann *et al.*, 2006).

Altres científics han fet ús de les dades més disponibles<sup>3</sup> per a l'anàlisi. Ceballos (2008), indica que, en la conca del Duero, hi ha diferències significatives en l'evolució temporal de la descàrrega anual que poden atribuir-se clarament a l'efecte de l'increment de bosc emprant tan sols la informació dels usos, la precipitació anual, la temperatura i el cabal. Però freqüentment, aquests estudis no es basen en conques grans sinó que es fan en parelles de conques petites, molt similars i gestionades expressament per a fer la investigació – és el que s'anomenen conques bessones –.

---

<sup>1</sup> Decret 84/2007, de 3 d'abril, d'adopció de mesures excepcionals i d'emergència en relació amb la utilització dels recursos hídrics.

<sup>2</sup> Per exemple dades de constants de saturació, dades d'infiltració dels diferents usos o índex dependents de característiques físiques del sòl.

<sup>3</sup> Com poden ser les dades de precipitació i temperatura d'estacions meteorològiques i dades d'usos del sòl extretes de mapes.

Fent una revisió d'aquests casos, Andréassian (2004) fa notar que l'estimació de la resposta hidrològica és complicada ja que experiments molt similars donen resultats significativament diferents.

Per tant, tot i que són poques les referències de les que es disposa per a fer l'anàlisi de l'efecte dels usos del sòl en la resposta hidrològica d'una conca de mesoescala, l'objectiu del present estudi serà avaluar quin és el pes d'aquesta variable en relació amb les variables de temperatura i precipitació a l'hora d'explicar el cabal sortint de la conca. L'efecte dels usos del sòl es pot analitzar en dos àmbits clarament separats: en el volum d'aigua generat per escolament i en la resposta hidrològica de la conca per un determinat episodi. El primer àmbit pot estudiar-se tant a nivell diari com a nivell anual. El segon consisteix en comprovar quines diferències hi haurà per a dos episodis de precipitació i temperatura idèntiques en l'hidrogràfic sortint de la conca.

Així doncs, a continuació es presenta la memòria de l'estudi de recerca que té per voluntat estimar el pes dels usos del sòl tant en els recursos hídrics com en la resposta hidrològica.

## **2. Hipòtesis**

### Hipòtesi 1

El volum d'escolament sortint d'una conca pot explicar-se no sols en funció de les variables climàtiques sinó també en base al comportament de propietats internes de la conca com per exemple els usos del sòl.

Aquesta relació entre variables climàtiques i els usos del sòl explica els canvis en la resposta hidrològica tant a escala d'episodi com de cicle anual.

### Hipòtesi 2

La modelització hidrològica semi-distribuïda permet estimar canvis significatius en l'hidrograma resultant a partir de variacions reduïdes dels usos del sòl

### **3. Objectius**

#### De caire experimental

Determinar estadísticament la influència i el pes de les variables de precipitació, temperatura i usos del sòl en el volum d'escolament sortint de la conca, tant a escala diària com anual per a la conca de l'Anoia durant el període de 1977 a 2008.

#### De diagnosi hidrològica

Estimar amb un model hidrològic semidistribuït les diferències degudes al canvi d'usos del sòl en l'hidrograma sortint de la conca, per l'aiguat de càlcul d'un període de retorn de 10 anys en la conca de l'Anoia per als anys 1977 i 2005.



## 4. Àrea d'estudi

### 4.1 Selecció de l'àrea d'estudi

Els criteris emprats per a la selecció de la conca a utilitzar foren els detallats a sota. S'ha de tenir en compte que hi ha criteris exclusius – posició geogràfica i disponibilitat de dades – i d'altres criteris que són accessoris i que faciliten el desenvolupament del treball – mida i usos del sòl –.

- Posició geogràfica
  - o Situació administrativa: Es va concloure que per facilitar la disponibilitat i equivalència de la cartografia bàsica així com la d'usos del sòl, la conca havia d'estar preferiblement dins d'una mateixa província o com a molt a nivell de Catalunya<sup>4</sup>.
  - o Regió biogeogràfica: Com que la innivació resulta una dificultat afegida a l'hora determinar la resposta de la conca en episodis de pluja, es va decidir utilitzar conques situades en zones baixes de la regió mediterrània en que els casos de nevades són molt menys freqüents i abundants (SMC, 2007). Així la possibilitat de distorsió dels resultats serà molt menor que en conques de la regió eurosiberiana o boreoalpina. Es va evitar doncs emprar les conques del territori català que estiguin dins la regió eurosiberiana o boreoalpina – per a determinar la zona biogeogràfica de cada possible conca d'estudi es va utilitzar la descripció del territori ocupat per cadascuna de les regions feta per López (2006) –.
- Disponibilitat de dades d'aforament: Un altre punt clau per a poder decidir quina seria la conca d'estudi va ser l'existència o no d'una estació d'aforament en un punt del riu en que hi hagués prou curs aigües amunt però que no impliqués massa superfície d'estudi.
- Mida: Per a que el tractament de la informació pogués ser a una escala 1:50.000 es va estimar que la grandària de la conca no hauria d'excedir els 1000 km<sup>2</sup> per reduir el temps de recollida de les dades així com la dificultat de tractament de les mateixes – que es donaria si el volum de dades fos molt gran .

---

<sup>4</sup> Entenent que l'Institut Cartogràfic de Catalunya empra la mateixa metodologia en tot el territori.

- Usos del sòl: Com que un dels interessos principals del treball radica en determinar el pes dels canvis en els usos del sòl en el volum d'escolament sortint de la conca, la selecció es féu en zones que es consideren susceptibles d'haver sofert canvis en els darrers decennis – preferiblement conques de tradició rural que puguin haver patit pèrdua en la superfície ocupada per les activitats agrícoles i ramaderes –.

Un cop fet l'anàlisi, la conca que compleix els criteris de condició *sine qua non* i que respon als criteris complementaris en major mesura és la del riu Anoia. Les característiques bàsiques d'aquesta són les següents:

- Posició geogràfica
  - o Situació administrativa: La superfície pertany en la seva totalitat a Catalunya. Per tant es compleix aquest criteri.
  - o Regió biogeogràfica: Entra dins de la regió mediterrània, per tant la innivació s'estima que serà poc rellevant i que no distorsionarà els resultats.
- Disponibilitat de dades d'aforament: Es considerarà, a efectes del treball, que finalitza a Sant Sadurní d'Anoia, on hi ha l'estació d'aforament. Aquesta té dades disponibles des de l'any 1912 tot i que hi ha un període llarg d'anys del que no hi ha informació del cabal – entre els anys 1931 i 1972 –.
- Superfície: Fa aproximadament 792 km<sup>2</sup> que és el territori de la conca comprès de l'estació d'aforament de Sant Sadurní d'Anoia a la divisòria d'aigües, llera amunt.
- Usos del sòl: El 41% de la superfície de la comarca de l'Anoia eren conreus l'any 2003 (CREAF, 2003)<sub>a</sub>. Es tracta doncs, d'una comarca amb una gran part cultivada. Per tant, es poden esperar canvis dels usos del sòl deguts a fluctuacions en l'activitat agrícola i ramadera.

## 4.2 Descripció general de la conca del riu Anoia

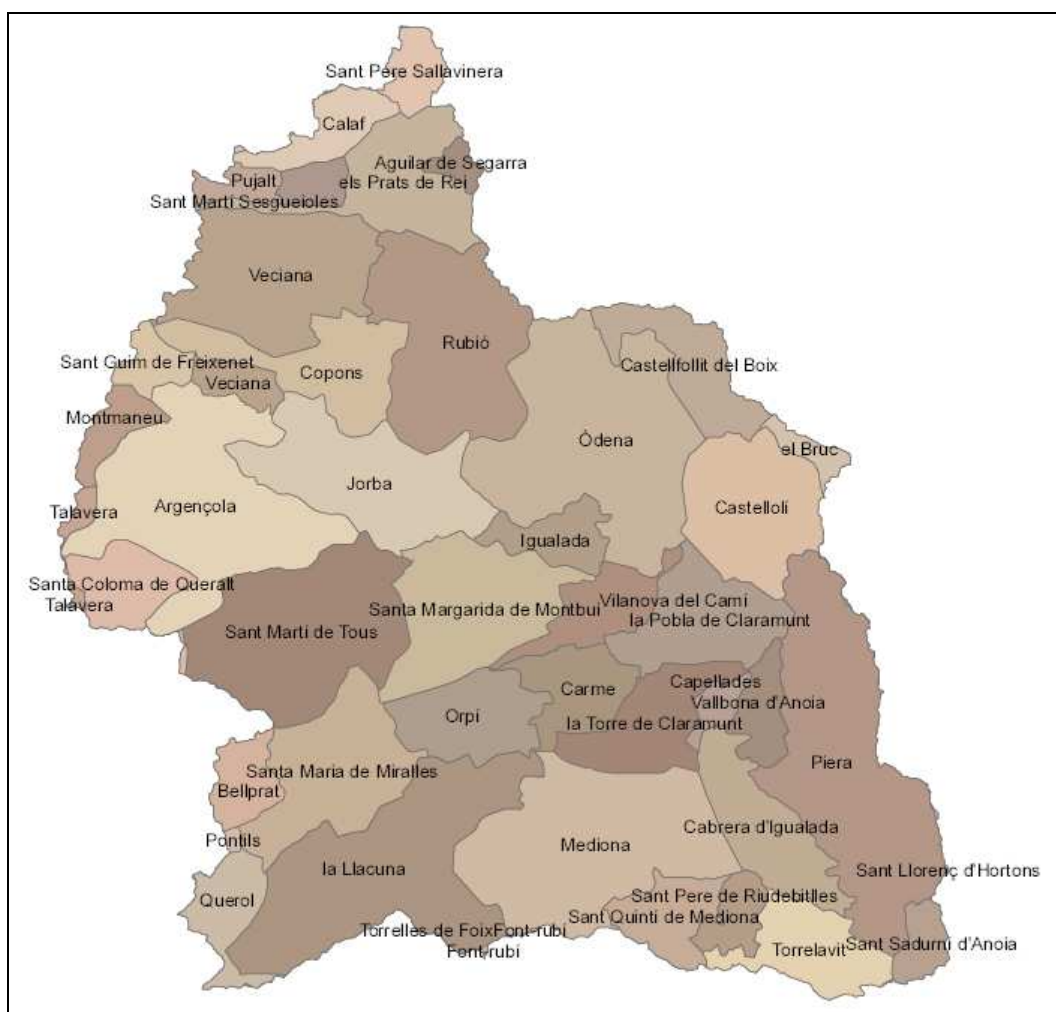
### Situació administrativa

La major part de la conca pertany a la província de Barcelona – veure figura 1 –. A la figura 2 es presenten els municipis que en formen part. La major part de la superfície és de la comarca de l'Anoia. Tanmateix hi ha termes municipals de l'Alt Penedès – Mediona, Torrelles de Foix, Font-Rubí, Sant Quintí de Mediona, Sant Pere de Riudebitlles, Torrelavit i Sant Sadurní d'Anoia –, de la Segarra – Talavera i Sant Guim de Freixenet –, de la Conca de Barberà – Santa Coloma de Queralt i Pontils –, de l'Alt Camp – Querol – i del Bages – Castellfollit del Boix i Aguilar de Segarra –.



**Figura 1.** Mapa de situació de la conca del riu Anoia respecte Catalunya<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> En vermell la divisió administrativa comarcal i en blau les xarxes hidrogràfiques principals de Catalunya.



**Figura 2.** Termes municipals de la conca del riu Anoia. Escala 1:200.000.

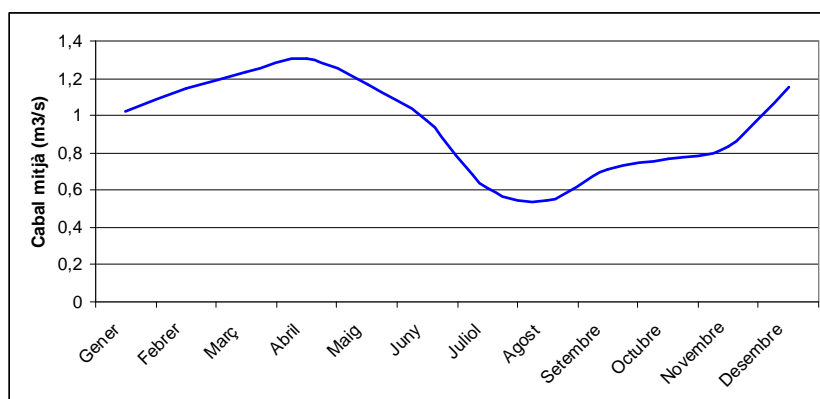
### El riu Anoia

Forma part de la xarxa hidrogràfica del Llobregat, a la part baixa del qual desemboca, al terme municipal de Martorell. Neix a la depressió central i travessa la serralada prelitoral fins a la depressió pre-litoral on s'ajunta amb el Llobregat (Riba, 1979). El naixement d'aquest riu és un tema de controvèrsia ja que depèn de quin curs es consideri el central doncs hi ha quatre rierols que es podrien considerar engendradors del riu: la riera de Calaf, la riera del Molí de la Roda, la riera de Clariana i la riera de Montmaneu.

La conca té una àrea total de 930 km<sup>2</sup> – fins a la desembocadura en el riu Llobregat – i la llera té una longitud total de 68 km. Tanmateix, per a l'estudi, com que es limita la conca fins a Sant Sadurn d'Anoia, la superfície és de 722 km<sup>2</sup> i la longitud de la llera de 57,2 km.

De les principals rieres, a part de les ja citades, destaquen també la riera d'Òdena, la riera de Carme, el Riudebitlles i la riera Vernó.

El cabal mitjà del riu en els darrers 10 anys – període de 1999 a 2008 –, ha estat d'aproximadament un metre cúbic per segon, tot i que s'observen fluctuacions a nivell mensual pròpies de les estacions de l'any – veure figura 3 –. Es tracta doncs d'un riu amb característiques mediterrànies. Així, a la primavera és quan es registren els nivells mitjans superiors i a l'estiu els mínims, fent aleshores, al llarg de la tardor i l'hivern, la recuperació fins a tornar a arribar al màxim primaveral.



**Figura 3.** Mitjana mensual de cabal per al període 1999-2008. Dades de l'ACA<sup>6</sup>

Pel que fa a les extraccions que es duen a terme en la conca, tot i que la informació de la que es disposa és poca, en la majoria de casos es tracta d'explotació d'aqüífers (DIBA, 1999; ACA, 2008). La situació més problemàtica es dona sobretot en l'aqüífer de Carne-Capellades que presenta un dèficit proper als 4 hm<sup>3</sup> l'any, que s'incrementa en els anys secs fins a 12,8 hm<sup>3</sup> (ACA, 2006).

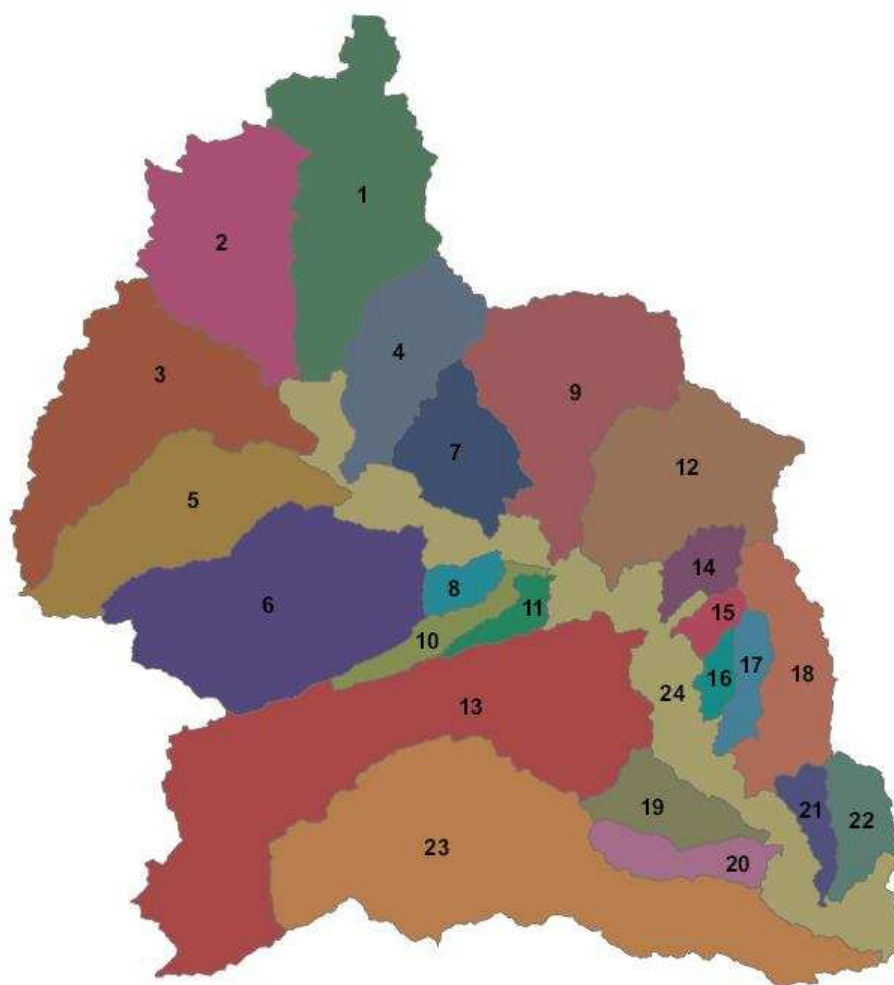
Pel que fa a embassaments, segons dades de l'ACA<sup>7</sup>, l'únic que està cartografiat és el de Sant Martí de Tous que té una capacitat de 1,22 hm<sup>3</sup>. L'àrea de drenatge d'aquest és de 1.138 ha, que representen menys d'un 1,6% de la superfície de la conca. S'entén doncs que és com a mínim el més gran de la conca i aquest fet, *a priori* indica que, si bé les dades del cabal base són qüestionables, les dades d'escolament generat sí que serien fiables.

<sup>6</sup> Dades extretes de l'Agència Catalana de l'Aigua (1)

<sup>7</sup> Informació extreta de les dades de masses d'aigua (2)

### Divisió i caracterització de les subconques

En l'anàlisi de la dinàmica hidrològica mitjançant el programa ArcGis, es va arribar a la conclusió de dividir la conca del riu Anoia en 24 subconques. Tal i com es pot veure en la figura 4, prenent el criteri de només prendre les subconques de superfície major al 0,5% de la conca<sup>8</sup>, s'han obtingut 23 subconques que drenen a la llera principal del riu – la qual és la subconca 24 o subconca residual –.



**Figura 4.** Dibuix de la conca amb les corresponents subconques en que es divideix. Escala 1:200.000

Les dades morfològiques bàsiques<sup>9</sup> extretes del programa – superfície, alçada mitja, pendent i longitud màxima del flux – són les presents en la taula 1. Aquestes són les que s'empraran per als càlculs necessaris per a obtenir l'hidrograma unitari de cada subconca.

<sup>8</sup> Tot i que el 0,5% de les 72.196,5 ha són 361 ha aproximadament, es pren la subconca 16 perquè es troba en el límit – 349,3 ha –.

<sup>9</sup> Les dades completes i la descripció de les subconques es troben en l'Annex I, Descripció de les subconques.

**Taula 1.** Característiques morfològiques bàsiques per subconques<sup>10</sup>.

Subconca	Superfície (ha)	Alçada mitja (m)	Pendent mitja (%)	Longitud màxima del flux (km)
1	5056,6	640,4	15,4	14,58
2	4185,3	638,5	20,7	10,38
3	5161,3	656,7	26,3	15,73
4	2528,8	596,1	28,5	10,05
5	3796,9	613,3	26,2	13,13
6	6058,4	533,9	23,5	15,02
7	1863,2	454,7	18,5	7,28
8	486,6	381,8	16,8	3,92
9	4545,7	504,4	22,5	12,38
10	778,2	470,1	20,3	8,92
11	478,7	394,9	23,7	4,75
12	3769,6	458,6	24,2	10,48
13	10022,7	553,5	21,9	26,08
14	694,8	470,3	37,8	4,63
15	363,0	458,1	44,6	3,27
16	349,3	423,4	37,5	3,65
17	638,7	389,4	25,7	6,28
18	2208,4	396,5	23,4	11,90
19	1238,6	378,7	21,8	7,53
20	996,3	332,4	20,7	7,02
21	573,6	268,8	19,5	5,75
22	963,0	261,9	21,0	6,40
23	9199,1	497,1	21,9	30,95
24	6239,8	319,7	21,5	42,65
<b>Total</b>	<b>72196,5</b>	<b>513,4</b>	<b>22,6</b>	<b>57,23</b>

### Característiques morfològiques i geològiques de la conca

Pel que fa a les característiques morfològiques de l'Anoia<sup>11</sup>, el relleu és format pels altiplans de Calaf i les collades de la Tallada, la Panadella i de Bellmunt (AET, 1980). Si bé els punts més alts de la conca es troben fins a 1124 m, la major part de la superfície d'aquesta es troba entre els 400 i els 700 m –.

A nivell geològic<sup>12</sup> la part central de la conca està formada essencialment per margues i està rodejada de gresos, calcàries i conglomerats. A la zona superior hi ha una gran superfície dominada pels travertins. Per sota d'Igualada hi ha més varietat i variabilitat dels tipus de materials – s'hi presenten majoritàriament argiles, pissares, calcàries i margocalcàries –.

<sup>10</sup> En la subconca anomenada total els valors s'obtenen sumant les superfícies de cada subconca, ponderant els valors d'alçada mitja i pendent mitja segons la superfície i sumant la longitud màxima de flux de la subconca residual amb la número 1 doncs és la llera més llarga que hi ha a la conca.

<sup>11</sup> Veure en els annexes cartogràfics el mapa físic 1:200.000.

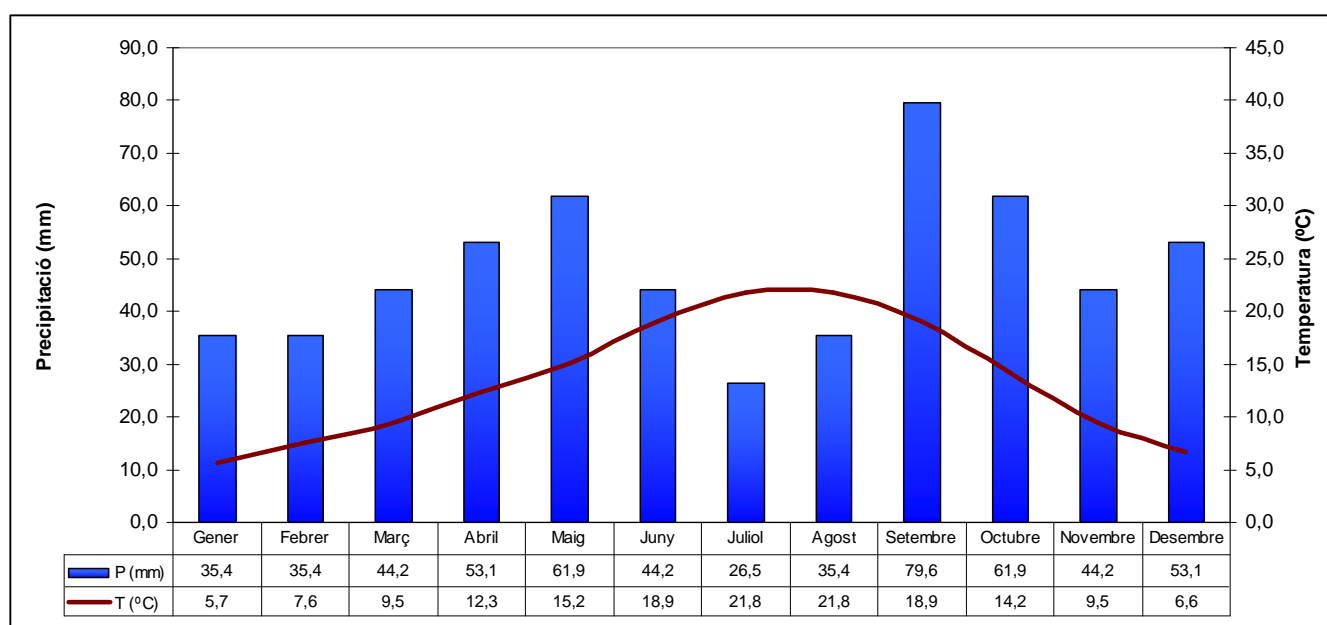
<sup>12</sup> Veure en els annexes cartogràfics el mapa geològic 1:200.000.

### Característiques climàtiques

En primer lloc, cal fer esment en la condició clarament mediterrània de la regió. Tanmateix, part d'aquesta pertany al clima de muntanya mitjana amb estius secs i màxims pluviomètrics a la tardor i la primavera (DIBA, 1995).

En el diagrama ombrotèrmic – presentat a la figura 5 – s'hi pot observar que hi ha una clara tendència estacional amb un repartiment de les precipitacions sobretot entre la tardor i la primavera – tot i que, com s'observa, a l'hivern tampoc no hi ha un descens elevat d'aquestes – i a l'estiu, quan la línia de la temperatura supera a les columnes de precipitació, és quan hi ha sequera, tot i que no molt pronunciada.

La precipitació anual és de 574,9 mm. Pel que fa a la temperatura mitjana aquesta és d'aproximadament 11,7 °C.



**Figura 5.** Diagrama ombrotèrmic per a Igualada<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> Dades extretes de l'Atles Climàtic de Catalunya (3) i descarregades en format Miramon.



### Vegetació i usos del sòl

Segons dades de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya (2003)<sub>b</sub><sup>14</sup>, el 41% de la superfície de la comarca de l'Anoia<sup>15</sup> són conreus, aproximadament un 5% són terrenys improductius – usos urbans –, el 22% és matollar i el 27% bosc.

En el bosc les principals espècies arbòries són el pi blanc – *Pinus halepensis*, 66% de la superfície – i la pinassa – *Pinus nigra*, 14% –. En menys proporció el pi pinyoner – *Pinus pinea*, 7% –, el roure – *Quercus humilis*, 4% –, l'alzina – *Quercus ilex*, 3% – i el roure de fulla petita – *Quercus faginea*, 2% –.

D'altra banda en la zona de conreu<sup>16</sup>, les terres llaurades són unes 29.585 ha – més del 98% són de secà – de les quals 24.636 ha són de conreus herbacis i 4.606 ha de conreus llenyosos. En els conreus herbacis predominen els cereals en gra – són el 85% de la superfície – seguit per les 2.234 ha de guaret. Als conreus llenyosos els majoritaris són la vinya – 3.286 ha – i en menor mesura la fruita seca – 749 ha – i les oliveres – 460 ha –.

---

<sup>14</sup> Les dades emprades de usos del sòl van ser determinades amb el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya – MCSC – de l'any 1994.

<sup>15</sup> Es considera que per a la descripció dels usos del sòl, les dades a nivell comarcal ja són orientatives del repartiment de superfícies de les diferents categories d'ús perquè la comarca i la conca comparteixen gran part de la superfície.

<sup>16</sup> Dades de l'apartat d'agricultura extretes de l'Anuari Estadístic de Catalunya, 2007 (4).

### 4.3 Característiques socioeconòmiques de la comarca de l'Anoia<sup>17</sup>

L'any 2004 la comarca de l'Anoia tenia 98.581 habitants i una densitat de població de 114 habitants per km<sup>2</sup>. El 14% de la població són menors de 15 anys, el 46% té entre 15 i 44 anys, el 22% entre 45 i 64 i el 17% té 65 anys o més.

Segons l'Informe econòmic anual de l'Anoia (Hermosilla, 2006) el sector primari aporta un 2.7% del producte interior brut – PIB – total de la comarca. Els principals productes de la comarca són els indicats en la taula 2.

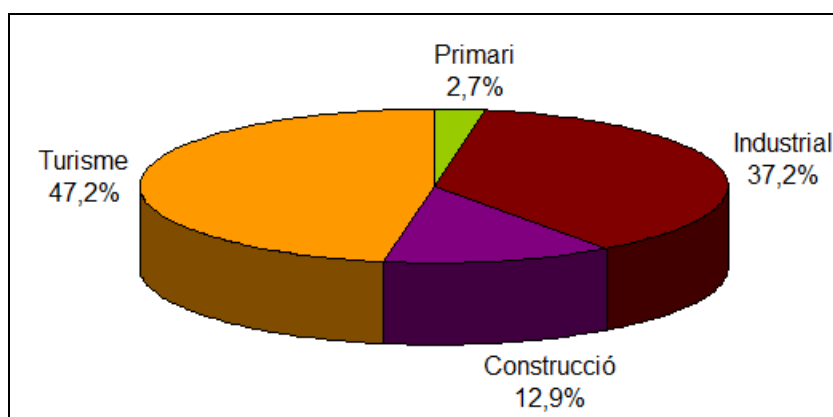
El sector industrial representa el 37,2% del PIB i dins d'aquest, el sector del tèxtil, cuir i calçat i el sector del metall suposen el 27,7% i el 29,6% del total seguits pel paper i les arts gràfiques que són el 18,2% de l'activitat.

El sector de la construcció aporta el 12,9% del PIB. I finalment, el sector del turisme resulta ser el més important ja que suposa la resta – el 47,2% del PIB –.

En la gràfica 6 es mostra el repartiment del PIB en els diferents sectors.

**Taula 2.** Pes en el PIB del sector agrari dels principals productes.

Producte	Pes (%)
Vi i subproductes	34,0
Porcí	18,9
Cereals	12,5
Vaquí	9,8



**Figura 6.** Diagrama circular del PIB distribuït segons els sectors de producció per a l'any 2004 en la comarca de l'Anoia.

<sup>17</sup> Dades extretes de Pons *et al.* (2004).

## **5. Materials i mètodes**

### **5.1 Disseny i tipus d'estudi**

Per a poder assolir el primer objectiu del treball d'establir el pes de les variables de la precipitació, temperatura i usos del sòl en el cabal, es prendran registres d'aquestes dades d'un determinat període la durada del qual serà funció de la limitació fixada per la longitud de sèries de dades.

Aleshores es procedirà a tractar aquestes dades perquè puguin ser analitzades estadísticament. Tanmateix com que la informació d'usos del sòl i de precipitació són de superfície s'hauran de manipular mitjançant sistemes d'informació geogràfica per a obtenir les dades globals.

Com que la informació dels usos del sòl és discreta, es procedirà a estimar l'evolució de la variable que es defineixi com a explicativa d'aquests mitjançant un model que es basi en la informació d'aspectes que influeixen als usos del sòl que siguin fàcilment disponibles i que tinguin relació directa amb la variable.

D'altra banda per assolir el segon objectiu principal, a partir de la informació de precipitació del període, s'estimarà quin és l'hidrograma que resultaria d'un aiguat de disseny concret emprant les dades morfològiques necessàries.

Així doncs, com que la finalitat del treball és la de caracteritzar una relació entre dades prèvies a l'actualitat en la seva evolució al llarg d'un període de temps, es tracta d'un estudi descriptiu, longitudinal i retrospectiu.

## 5.2 Variables d'estudi

Es descriuen a continuació les vuit variables, o conjunts de variables, d'estudi necessàries per a la consecució dels objectius. Aquestes s'han dividit en tres grans categories: variables climàtiques, variables fisiogràfiques i variables hidrològiques.

### Variables climàtiques

Precipitació: Volum d'aigua que plou a la conca en un determinat període de temps. Es farà servir com a variable quantitativa contínua. Per a emprar-la en la regressió amb les dades de cabal diari i anual, es determinarà la precipitació en la conca tant a nivell diari com a nivell d'un mateix any hidrològic.

A més a més es defineixen dues variables indirectes de la precipitació que parteixen de les dades de precipitació diària,

- Condicions d'humitat antecedent (Masich, 2008)<sub>a</sub>: S'utilitzarà per a separar els episodis de precipitació en l'anàlisi diària amb la finalitat de dividir-los en categories d'episodis amb condicions similars. Aquesta variable qualitativa ordinal consta de tres situacions diferents,
  - o Condició I: Sòls secs però sense arribar al punt de marcesca permanent. La pluja acumulada en els 5 dies anteriors és menor que 0,75 mm.
  - o Condició II: Cas mitjà d'ocurrència de les avingudes anuals màximes. La pluja acumulada en els 5 dies anteriors és entre 0,75 i 4 mm.
  - o Condició III: Quan han ocorregut pluges – bé fortes o poc intenses – abans de la tempesta en qüestió, originant un potencial d'escolament elevat. La pluja acumulada en els 5 dies anteriors és de més de 4 mm.
- Classe de precipitació: La raó de definir aquesta altra variable indirecta és la mateixa que l'anterior. En aquest cas es tracta d'una variable quantitativa discreta. Cada episodi de precipitació forma part d'alguna d'aquestes tres categories que es defineixen<sup>18</sup>,
  - o Precipitació menor a 10 mm
  - o Precipitació entre 10 i 20 mm
  - o Precipitació superior a 20 mm

---

<sup>18</sup> Els valors llindar són 10 i 20 mm considerant que els episodis de menys de 10mm són molt variables i poden donar respostes hidrològiques molt diferents o inclús no implicar cap increment de cabal; que entre 10 i 20 mm són precipitacions que sovint ja donen resposta hidrològica; i que més de 20 mm són ja episodis de major envergadura que poden donar avingudes, segons les condicions d'humitat antecedent i la seva intensitat.

Paràmetres d'intensitat i durada de la precipitació: Partint de informació de la intensitat de la pluja, es pot caracteritzar un episodi definint tres variables quantitatives contínues que són les següents:

- Intensitat mitjana: És el promig de tots els valors d'intensitat d'un episodi concret. En mil·límetres per hora.
- Intensitat màxima: Valor màxim en mil·límetres per hora.
- Durada de l'episodi: En hores.

Temperatura: Variable quantitativa contínua que indica la calor a la conca en un determinat moment. No es farà extrapolació a nivell de superfície ja que es considera que la temperatura varia segons un gradient vertical de  $-0.65\text{ }^{\circ}\text{C}$  cada 100m d'increment d'alçada com a valor mig (Elías et al., 1996). Per tant, com que les variacions de la temperatura puntual d'un lloc concret de la conca s'estima que són sempre molt similars a les variacions de la temperatura mitjana de la conca, no caldrà extrapolar-la. Les dades necessàries de temperatura seran les de temperatura mínima, màxima i mitjanes mensuals. D'aquestes últimes se'n calcularà mitjana anual – per a cada any hidrològic –.

Evapotranspiració potencial: És la quantitat d'aigua evaporada del sòl i transpirada per les plantes en un lapse de temps determinat. Hi ha varis mètodes empírics i físics a partir dels quals es pot calcular. Tanmateix es pretén estimar la evapotranspiració de Penman-Monteith per ser la recomanada per la FAO (Allen, 1998). D'aquesta se'n farà el càlcul diari i el total de l'any hidrològic. Es tracta d'una variable quantitativa contínua.

### Variables fisiogràfiques

Usos del sòl: És el que hi ha present en la superfície de la conca ja sigui amb un ús forestal, agrícola o urbà, especificant – en el cas de l'ús agrícola i forestal – de quin tipus de vegetació es tracta. Com que es busca la relació entre els usos i el volum d'escolament es prendrà una variable associada directament a l'ús i que indiqui la resposta hidrològica que s'estima que es donarà en cas de precipitació.

Es considera que la variable més adequada és el número de corba<sup>19</sup> – NC, mètode desenvolupat pel Soil Conservation Service l'any 1964 – ja que determina la pluja

---

<sup>19</sup> El número de corba és funció tant de l'ús del sòl com de la litologia, tanmateix com que les característiques litològiques no varien en el lapse de temps en que es farà l'estudi l'únic que influirà a nivell evolutiu són els usos. Així doncs es considera una variable que explica com influeixen els usos en el cabal sortint de la conca.

neta<sup>20</sup>. Així doncs es procedirà a estimar quina és l'evolució del número de corba explicant-la amb la variable o variables de les característiques que influencien els usos del sòl. Per tant la intenció és convertir aquesta variable quantitativa discreta – doncs només hi ha informació dels anys en que hi ha mapes – a contínua mitjançant un model que pugui explicar quins són els canvis en el valor de NC.

Característiques que influencien els usos del sòl: La finalitat de definir aquesta variable és emprar-la en l'aproximació de l'evolució del NC emprant dades que estiguin més disponibles que les dels usos del sòl – és a dir, que s'analitzi amb major freqüència i que el seu estudi sigui més senzill –. En funció de quins hagin estat els canvis en els usos del sòl durant període estudiat, es provarà amb alguna variable que es consideri que n'expliqui les variacions.

Característiques morfològiques de la conca i subconques: En aquesta agrupació hi ha les variables de dades topogràfiques i hidrològiques necessàries per a poder fer les estimacions dels hidrogrames sortints de la conca per a un aiguat de càlcul determinat.

El conjunt de variables són les següents:

- Àrea: en metres quadrats.
- Longitud de la llera: en metres.
- Forma de la llera: Informació de la secció de la llera així com de certes característiques hidràuliques com la resistència al flux.
- Pendants de la conca i de la llera: en percentatge.

---

<sup>20</sup> La pluja neta o efectiva és la quantitat d'aigua que generarà escolament havent deduït de la precipitació real tot el volum d'aigua que s'infiltra.

### Variables hidrològiques

Volum d'escolament: És la quantitat d'aigua que precipita en la conca i que no s'infiltra ni es perd durant un episodi. Parteix de la informació de cabal mig diari – en m<sup>3</sup>/s – i el seu valor s'estima restant-li a aquest el cabal base. Per a fer-ne una estimació, es va considerar que aquest pot aproximar-se fent la suma del valor de cabal del dia en que plou i el del següent i restant dues vegades el cabal del dia anterior a l'episodi<sup>21</sup>.

$$V_{esci} = Q_i + Q_{i+1} - 2Q_{i-1}$$

Per tant és una variable quantitativa contínua. Per a l'anàlisi anual es tractarà de la suma de tots els valors d'un mateix any hidrològic. Aquesta variable sí que es pot considerar que anul·la l'efecte de l'explotació d'aqüífers ja que es tracta de l'escolament. Per això s'empra per a l'anàlisi estadística.

Del volum d'escolament se'n desprèn una variable indirecta

- Coeficient d'escolament – CE –: Es tracta del coeficient entre el volum d'escolament anual i la precipitació en la conca, també anual – totes en mm –. Així doncs és una variable indirecta quantitativa contínua que sorgeix de les variables precipitació i cabal.

---

<sup>21</sup> Es prenen només els dos primers dies perquè es considera que l'hidrograma que generi l'escolament no durarà més de dos dies ja que emprant la longitud màxima de la conca del riu Anoia – uns 57km – i la seva pendent mitja – 22.6% – s'estima que el temps de concentració és d'aproximadament 14 hores. Així doncs si plou fins a les dotze de la nit del dia d'estudi, l'endemà a les 14 hores ja haurà baixat tot l'escolament generat. Tot i que es tracta d'una aproximació, es considera suficient com per predir que l'escolament no durarà més de dos dies.

### 5.3 Materials i obtenció de la informació

A continuació es presenta la llista de materials i les fonts d'informació de les que es disposa classificats segons la variable per a la que s'utilitzen:

- Dades de temperatura: Totes aquestes dades han estat facilitades per l'Agència Estatal de Meteorologia – AEMET –.
  - o Temperatura mitjana, mitja de les màximes i mitja de les mínimes mensuals de l'estació d'Agramunt per al període 1977 a 2008.
  - o Temperatura mitjana, mitja de les màximes i mitja de les mínimes mensuals de l'estació d'Òdena per al període 1996 a 2008.
- Dades de precipitació
  - o Precipitació acumulada en 24h per a les estacions pluviomètriques de Igualada – sèrie de 1983 a 2008 –, Sant Quintí de Mediona – sèrie de 1957 a 2005 –, Veciana – sèrie de 1977 a 1999 –, El Bruc – sèrie de 1977 a 2008 – i Cervera – sèrie de 1977 a 2008 –. Obtingudes de l'AEMET.
  - o Intensitat 5 minutal de l'estació pluviomètrica de Veciana per al període 1996 a 2008. Facilitada per la Agència Catalana de l'Aigua – ACA –.
- Dades dels usos: Tot i que es van trobar disponibles els mapes de classificació dels usos del sòl a Catalunya<sup>22</sup> dels anys 1987, 1992, 1997 i 2002, no es van emprar ja que no diferenciaven entre prat i matollar. Així doncs, sols es disposa de dos mapes
  - o Mapa de cultivos y aprovechamientos de l'any 1977 fet pel Ministeri de Agricultura d'Espanya a escala 1:50.000.
  - o Mapa d'hàbitats de Catalunya de l'any 2005 fet pel Departament de Medi Ambient i Habitatge a escala 1:50.000.
- Dades de cabal: Les dades de cabal diari de l'estació d'aforament de Sant Sadurní d'Anoia han estat facilitades per l'ACA. La sèrie s'inicia l'any 1912 i finalitza el 2008 però hi ha un buit en la informació pel període de 1931 a 1972.
- Característiques morfològiques i bases de referència:
  - o Mapa topogràfic: S'empra la informació de corbes de nivell digital en format Miramon a 1:25.000. Facilitat pel Departament de Medi Ambient i Habitatge<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> Es tracta de mapes fets mitjançant tractament de dades multitemporals captades pel sensor Thematic Mapper (TM) del satèl·lit Landsat, i que divideix els usos en 22 categories.

<sup>23</sup> Descarregat de la pàgina web del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya (6).



- Mapa geològic: Base geològica digital feta a partir del mapa geològic a escala 1:50.000 per l'Institut Cartogràfic de Catalunya – ICC –. Es pot baixar de la mateixa pàgina que el topogràfic.
- Ortofotomapa: Es consulta directament de la pàgina web de l'ICC (5). Es tracta d'un mapa fet a escala 1:5.000 amb imatges de vol del juny de l'any 2008.

### **5.3.1 Selecció de les estacions pluviomètriques i estudi d'idoneïtat**

En un primer moment es van seleccionar les estacions pluviomètriques d'Igualada, Sant Quintí de Mediona, Veciana, El Bruc i Cervera.

Si bé les quatre primeres estan dins dels límits de la conca, Cervera forma part de la conca del riu Ondara. Per tant el fet de no pertànyer a la mateixa unitat orogràfica, fa que *a priori* la precipitació pugui tenir diferències considerables amb la resta d'estacions i que si s'empra per al càlcul dels valors dins de la conca, es provoquin distorsions en els resultats. Així doncs es decideix no emprar-la per no formar part de la conca de l'Anoia.

Per tant les estacions restants amb les quals es farà l'anàlisi seran les d'Igualada, Sant Quintí de Mediona, Veciana i el Bruc.

### **5.3.2 Selecció d'estacions termomètriques**

Com ja s'ha dit anteriorment, com que la temperatura té una variabilitat baixa, només s'escollirà una sola estació termomètrica.

Tanmateix, degut a la disponibilitat de les estacions, no hi ha cap estació amb una sèrie de temperatura que s'iniciï com a mínim l'any 1977 i que estigui dins de la conca. Tan sols existeix una estació dins d'aquesta de la qual es disposi de dades de temperatura que és la d'Òdena. Però la sèrie és massa curta<sup>24</sup> i per tant no es pot utilitzar.

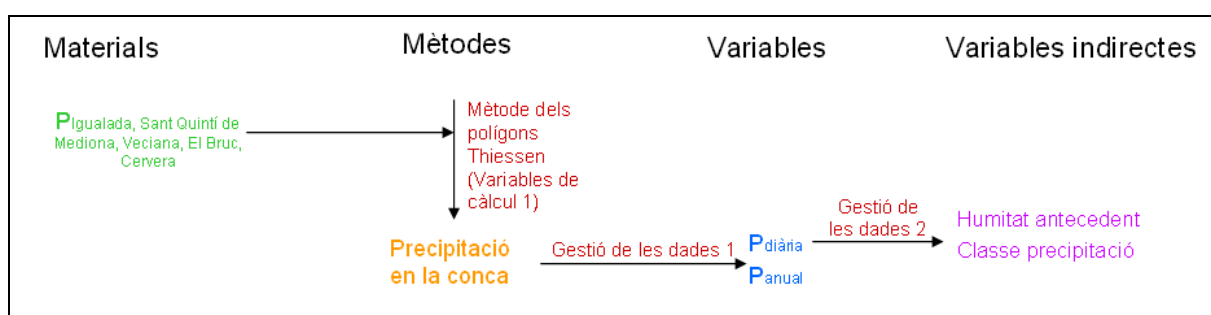
Així doncs, en base a les estacions accessibles amb sèries des de 1977 o d'abans, es va escollir la que estava més a prop de la conca, que és la d'Agramunt.

---

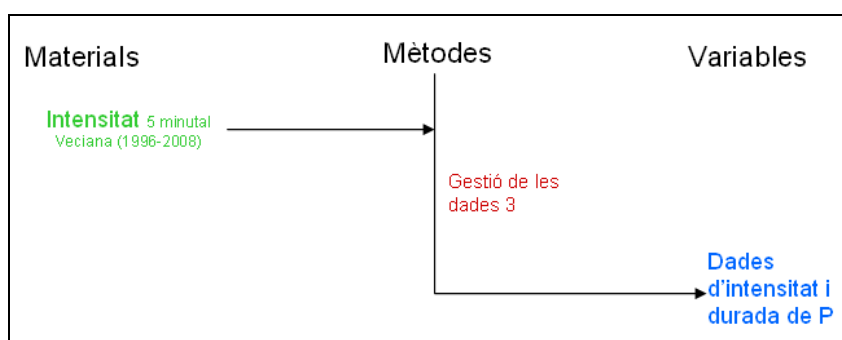
<sup>24</sup> Es tracta d'una estació de la Xarxa Agrometeorològica de Catalunya – XAC – instal·lada el mes de Juny de 1996 i que segueix activa en l'actualitat.

## 5.4 Diagrames de síntesi de materials i mètodes

A continuació es presenten les figures 7 a 13 on s'indica la metodologia que es durà a terme a partir de la informació bàsica – materials – per assolir tots els resultats parcials. Aquests són necessaris per a obtenir les variables, tant directes com indirectes, les quals són emprades finalment per a la consecució dels objectius<sup>25</sup>. S'han separat en diferents gràfics segons la finalitat del procés: En els cinc primers casos es tracta de la obtenció de les variables d'estudi – de precipitació, dades d'intensitat i duració de precipitació, temperatura, evapotranspiració, número de corba i cabal – i en els dos últims l'ús d'aquestes per a obtenir els resultats definitius.



**Figura 7.** Diagrama de síntesi per a la obtenció de la variable precipitació i de les variables indirectes humitat antecedent i classe de precipitació<sup>26</sup>.



**Figura 8.** Diagrama de síntesi per a la obtenció de les variables d'intensitat i durada de la precipitació.

<sup>25</sup> En els gràfics la lletra verda indica materials, la vermella mètodes, la groga resultats parcials, la blava variable, la lila variable indirecta i la negra objectiu – o resultat final –.

<sup>26</sup> On P és precipitació.

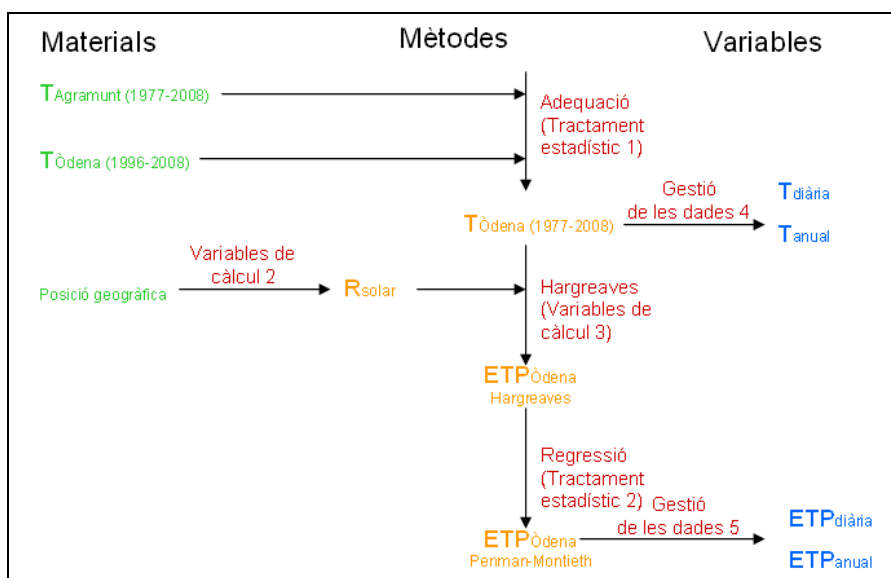


Figura 9. Diagrama de síntesi per a la obtenció de les variables temperatura i evapotranspiració<sup>27</sup>.

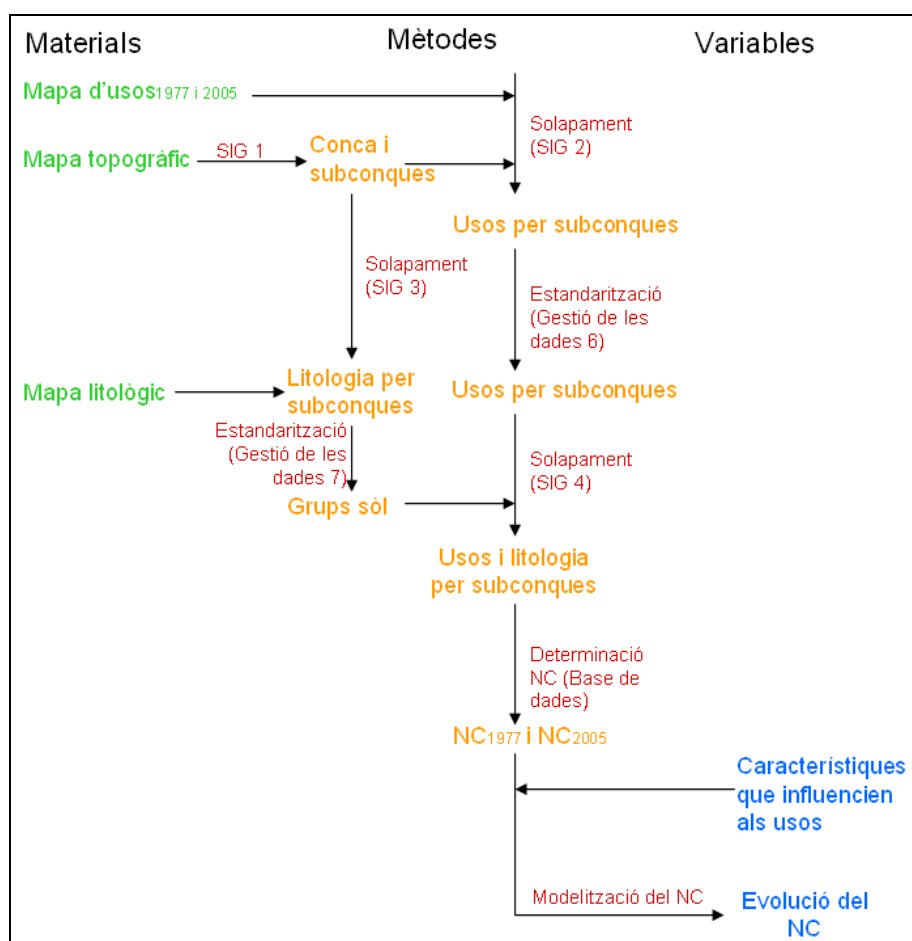
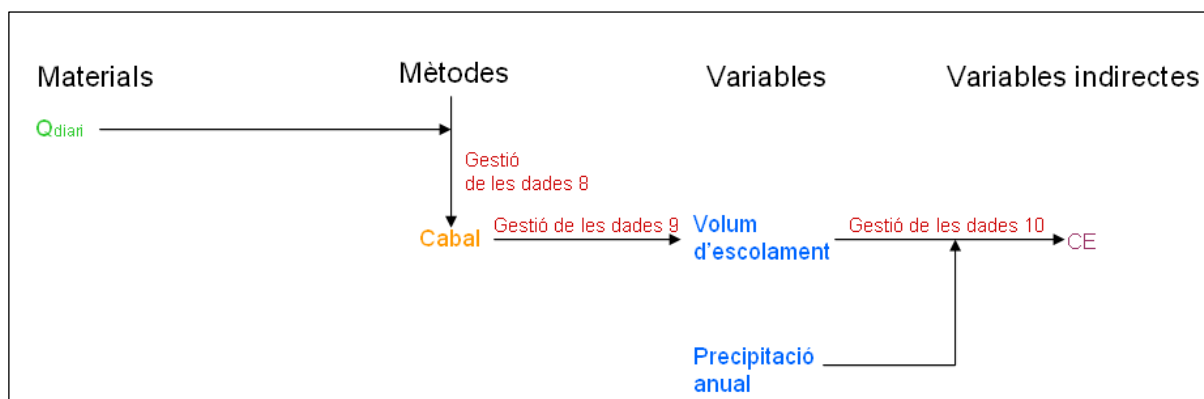


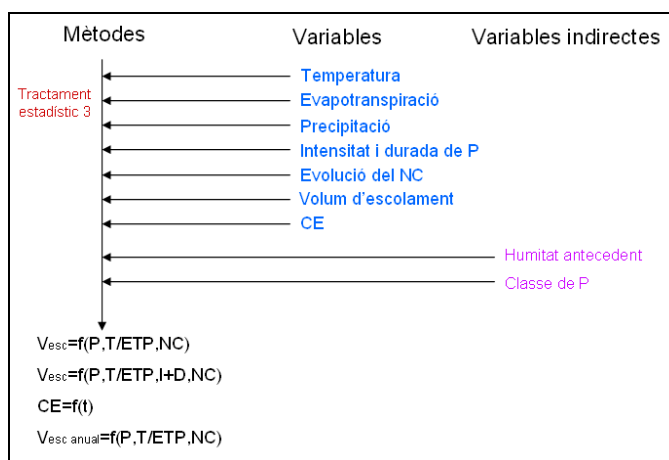
Figura 10. Diagrama de síntesi per a la obtenció de l'evolució del NC<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> On Rsolar és la radiació solar, T la temperatura i ETP la evapotranspiració.

<sup>28</sup> On SIG és l'ús de sistemes d'informació geogràfica.



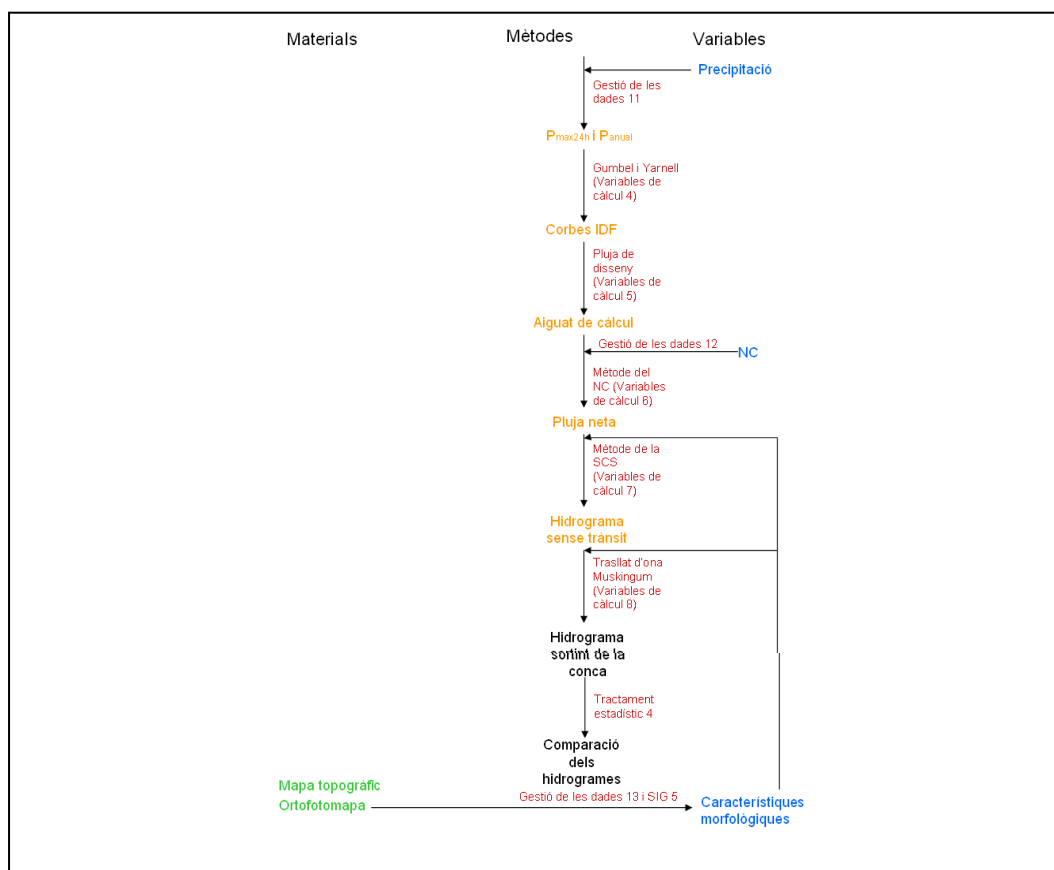
**Figura 11.** Diagrama de síntesi per a la obtenció de les variables de cabal<sup>29</sup>.



**Figura 12.** Diagrama de síntesi per a l'anàlisi del pes de les variables precipitació, temperatura, evapotranspiració i NC en el cabal a escala diària o bé anual<sup>30</sup>.

<sup>29</sup> On Q és el cabal i CE és el coeficient d'escolament.

<sup>30</sup> On I+D són els paràmetres d'intensitat i durada de precipitació.



**Figura 13.** Diagrama de síntesi per a la obtenció de l'hidrograma sortint de la conca per l'aiguat de càlcul d'un període de retorn de 10 anys.

## 5.5 Mètodes

### 5.5.1 Gestió de les dades

1. Per a obtenir la precipitació anual es sumen tots els valors de precipitació diària d'un mateix any hidrològic.
2. A partir de la precipitació diària s'obtenen les variables indirectes (Masich *et al.* 2008)<sub>b</sub>:
  - Condicions d'humitat anteriors, cal fer la suma de la precipitació dels darrers cinc dies. Si és menor de 0,75 mm és condició I, de 0,75 a 4 mm condició II i més de 4 mm condició III.
  - Classe de precipitació: Es classifiquen tots els episodis segons el volum de precipitació del dia de l'episodi a partir dels valors llindar 10 i 20 mm.
3. Les variables d'intensitat i durada s'obtenen de la següent forma: fent el promig d'intensitat d'un episodi per al valor mig, prenent el valor màxim per a la intensitat màxima i sumant tot el temps que transcorre sense intensitat zero.
4. Per al valor de temperatura mitja anual el que es fa és el promig de tots els valors de temperatura mitja mensual ponderats segons els dies que té cada mes.
5. L'evapotranspiració potencial anual és simplement la suma de l'evapotranspiració potencial mensual de tots els mesos d'un mateix any hidrològic.
6. L'estandarització dels usos del sòl es farà segons els usos que es defineixin pel mètode del número de corba. Es farà una taula de relació entre l'ús descrit a la llegenda de cada mapa i el que representa segons les categories d'ús del mètode del NC.
7. Per a passar de la informació geològica als grups de sòl, es prendrà la informació de la relació entre litologia i grup de sòl (ACA, 2003)<sub>a</sub>. Per a cada agrupació de materials geològics se n'estimarà la textura i, en base a aquesta el grup de sòl. Les descripcions dels grups són les següents:
  - Grup de sòl A: Sòls amb elevades velocitats d'infiltració inclús en condicions de saturació completa. Principalment són sòls fondos formats de sorres o graves amb un drenatge de bo a excessiu, amb una permeabilitat elevada.

- Grup de sòl B: Sòls amb velocitat d'infiltració moderades en condicions de saturació, formats bàsicament de sòls moderadament fondos a fondos, amb un drenatge bo a molt bo, i amb textures de moderament fines a moderadament grosses. Tenen un grau de permeabilitat moderat.
  - Grup de sòl C: Sòls amb baixes velocitats d'infiltració en condicions de saturació, degut bàsicament a l'existència d'horitzons que impedeixen el moviment descendent de l'aigua; o bé de sòls amb textures moderadament fines a fines. Són sòls amb una permeabilitat baixa.
  - Grup de sòl D: Sòls amb baixes velocitats d'infiltració en condicions de saturació completa. Aquest grup el componen sòls de textura argilosa amb un alt potencial d'expansió, sòls amb una capa freàtica propera a la superfície, sòls amb una capa endurida d'argila o horitzó d'argila a la superfície o a poca profunditat, i sòls sobre materials gairebé impermeables. Tenen un grau de permeabilitat molt baix.
8. El cabal en dades de mm per dia s'obté a partir de les dades diàries, passant les dades de cabal – que són en m<sup>3</sup> per segon – a m<sup>3</sup> per dia i dividint-ne el resultat per la superfície total de la conca.
9. El volum d'escolament es calcula sumant el valor de cabal del dia en que plou i el del següent i restant dues vegades el cabal del dia anterior a l'episodi.
- $$V_{esci} = Q_i + Q_{i+1} - 2Q_{i-1}$$
- En cas que hi hagi varis dies de pluja seguits no es tindrà en compte ja que aleshores s'hauria d'estimar a quin dia de pluja pertany cada part de l'escolament i es dificultaria més el desenvolupament del treball.
10. El volum d'escolament anual és la suma del volum d'escolament en dades de mm/dia de tot un any hidrològic.
11. El valor de precipitació màxima en 24h anual, s'obté prenent el valor màxim de cada any i fent el promig tot calculant-ne la desviació estàndar de la mostra d'anys. Per a aquest càlcul es prendrà la sèrie pluviomètrica més llarga – sempre i quan hagi estat confirmada l'estació com a idònia per a l'estudi en l'anàlisi estadístic 1 –.
12. En el càlcul de l'aiguat de disseny, el NC que s'ha d'introduir per a determinar la pluja neta és el de condicions d'humitat III<sup>31</sup>. S'aplicarà la fórmula recomanada

---

<sup>31</sup> Entenent que tot i que només es calculi l'aiguat de càlcul per al segon període, hi ha hagut abans una precipitació que el més segur és que serà superior a 4mm i per tant les condicions d'humitat són les descrites a la situació 3.



per l'ACA (2003)<sub>b</sub> per passar de dades de número de corba de condicions d'humitat II per a les de III. La fórmula emprada és la següent,

$$NC_{(III)} = \frac{23 \cdot NC_{(II)}}{10 + 0,13 \cdot NC_{(II)}}$$

13. Per a determinar la forma de la llera es farà una simplificació i es considerarà que és trapezoïdal. Les dades per a determinar les dimensions de la secció s'obtenen a partir de dos mapes diferents. El primer, l'ortofotomapa, serveix per estimar l'amplada de la part de la llera que és plana prenent varis valors per a cada tram i fent-ne el promig. Del segon, el mapa topogràfic, se n'extreuen els valors estimats de pendent dels costats del trapezi.

### 5.5.2 Tractament de les dades territorials amb SIG

Per a la manipulació de les dades espacials, el software emprat és l'ArcGis 9.2. Es tracta d'un sistema d'informació geogràfica que permet gestionar les dades topogràfiques, d'usos, hidrològiques i de precipitació per tal d'obtenir les dades corresponents a cadascuna de les subconques.

1. Un cop obtingut el model digital del terreny en base a la informació de les corbes de nivell, es procedeix a delimitar la conca de l'Anoia fins a l'estació d'aforament de Sant Sadurní d'Anoia mitjançant les eines *flow directions*, *flow accumulation* i *watershed*. A continuació es divideix la conca en subconques no menors al 0.5% de la superfície de la conca.
2. Emprant l'eina *intersect* es fa el solapament de la capa d'usos del sòl amb la capa de la superfície ocupada per les subconques.
3. És el mateix cas que l'anterior excepte que en comptes de fer el solapament amb la capa d'usos del sòl es fa amb la de litologia.
4. Aquest pas consisteix en el solapament de les capes d'usos i de litologia per subconques.
5. S'empren les eines d'anàlisi del terreny per a determinar l'àrea de cada subconca i els pendents mitjos.

### 5.5.3 Creació de la base de dades d'estudi

Per obtenir els valors de número de corba, donat el volum d'informació amb el que es treballa, es generarà una base de dades. Aquesta constarà de les informacions següents en forma de taules:

- Usos i litologia: Cada fila fa referència a un polígon d'una subconca amb un ús i uns materials geològics concrets. La informació s'extreu del pas 4 del tractament de dades territorials, exportant la informació des de l'ArcMap fins a una fulla de càlcul. Aleshores s'importa a la base de dades – feta amb Microsoft Access –.
- Llegenda dels usos: En cas que el mapa contingui un codi per a cada ús en comptes de la descripció d'aquest mateix – com és el cas del mapa d'hàbitats de 2005 –, és la relació entre el codi i la descripció de l'ús.
- Estandarització dels usos: Inclou cada descripció de la llegenda del mapa i el seu homòleg en quant a categoria d'ús del NC.
- Estandarització de la litologia: Indica el grup de sòl que correspon a cada agrupació de materials geològics.
- Complexos sòl-coberta: Valor de NC que es pren en condicions d'humitat II per a cada complex de categoria d'ús i grup de sòl.

S'estableixen les següents relacions entre camps – en parèntesis la taula a la que pertanyen –:

- Ús del mapa (Usos i litologia) → Codi d'ús (Llegenda dels usos)
- Descripció de l'ús (Llegenda dels usos) → Descripció de l'ús (Estandarització dels usos)
- Categoria d'ús (Estandarització dels usos) → Categoria d'ús (Complexos sòl-coberta)
- Litologia del mapa (Usos i litologia) → Litologia (Estandarització de la litologia)
- Grup de sòl (Estandarització de la litologia) → Grup de sòl (Complexos sòl-coberta)

Aleshores es fa una consulta que inclogui els següents camps de cada taula:

- Número de conca (Usos i Litologia)
- Ús del sòl (Estandarització dels usos)
- Grup de sòl (Estandarització de la litologia)
- Número de corba (Complexos sòl-coberta)
- Superfície (Usos i Litologia)

Finalment, s'exporta la taula resultant a un full de càlcul i es determina per a cada subconca quin és el NC ponderant en funció de la superfície ocupada per cada complex sòl-coberta.

#### **5.5.4 Modelització del NC**

La modelització és el procés d'elaboració d'un model que pugui estimar els diferents valors que pren el número de corba al llarg del temps explicats en base a una o unes poques variables de superfície que puguin ser obtingudes fàcilment i de les quals se'n disposi informació amb més freqüència que dels usos del sòl – imprescindibles per al càlcul del NC –.

En el moment en que es prengui una variable que influenciï els usos del sòl, s'haurà d'avaluar fins a quin punt explica els canvis que es donen en el NC i quin percentatge del total de canvis<sup>32</sup> que succeeixen a tota la conca representa – per així poder determinar quina és la variabilitat explicada pel model –.

---

<sup>32</sup> Considerant el total de canvis com el valor de superfície de cada subconca multiplicat per l'increment que es dona en el NC en ella. Així es determina la contribució de cada subconca en l'evolució del NC i en el seu valor final. I aquest valor s'emprarà també per a estimar la variabilitat que és capaç d'explicar el model.

### 5.5.5 Tractament estadístic

En l'anàlisi estadístic s'empraran essencialment un contrast i dues regressions. Totes les anàlisis es fan mitjançant el programa SAS i aplicant un interval de confiança del 95% *a priori*. Dividint les diferents metodologies segons la regressió o el contrast emprat,

- Regressió lineal simple: La regressió lineal simple consta de l'anàlisi de la variança, el coeficient de determinació de la regressió i els estimadors – amb les seves corresponents desviacions i contrast d'aquests –.
  - Mètode estadístic 1: Per a determinar la temperatura d'Òdena en el període 1977-2008 es prenen els valors coneguts d'aquesta entre 1996-2008 i s'utilitzen com a variable dependent dels valors observats a l'estació d'Agramunt durant el mateix període. Aleshores, en cas d'obtenir un bon ajust, el model resultant es podrà emprar per a estimar les dades de temperatura a Òdena per a tot el període 1977-2008<sup>33</sup>.
  - Mètode estadístic 2: En l'anàlisi de la relació lineal entre els valors de ETP de Hargreaves i els de Penman-Monteith es prendran els valors mensuals estimats pel primer mètode, que actuaran com a variable explicativa de l'evapotranspiració potencial de Penman-Monteith que es van determinar a l'observatori d'Òdena per al període 1996-2008<sup>34</sup>.
  - Mètode estadístic 3: Tot i que la majoria de regressions emprades en el mètode estadístic 3 són múltiples lineals, en el cas del coeficient d'escolament es farà una regressió simple en la que sigui la variable dependent i la variable explicativa sigui el temps per a observar-ne possibles tendències.

---

<sup>33</sup> Els resultats es mostren en l'Annex III, Adequació de les temperatures d'Agramunt per a Òdena.

<sup>34</sup> Veure Annex V, Regressió per al càlcul de la ET de Penman-Monteith a partir de la ETP estimada.

- Regressió lineal múltiple: La regressió lineal múltiple consta de l'anàlisi de la variança, el coeficient de determinació de la regressió, els estimadors – amb les seves corresponents desviacions i el contrast d'aquests –, els estimadors estandaritzats i les correlacions entre variables explicatives.
  - o Mètode estadístic 3: Es faran les següents regressions,
    - Volum d'escolament diari com a variable dependent de la precipitació, temperatura i NC.
    - Volum d'escolament d'un episodi com a variable dependent de la precipitació, evapotranspiració potencial i número de corba.
    - Volum d'escolament diari descrit per les variables explicatives precipitació, temperatura, número de corba i paràmetres d'intensitat i durada de precipitació<sup>35</sup>.
    - Volum d'escolament diari amb les seves corresponents variables explicatives precipitació, evapotranspiració i paràmetres d'intensitat i durada de l'episodi.
    - Volum d'escolament anual explicat en base a la precipitació anual, temperatura mitjana anual i NC.
    - Volum d'escolament anual com a variable dependent de la precipitació anual, evapotranspiració potencial anual i número de corba.
- Contrast Test t: S'utilitza per a determinar si existeixen diferències significatives donades unes mitjanes amb les corresponents desviacions estàndard.
  - o Mètode estadístic 5: Aplicació del contrast t a la diferència de mitjanes entre dos grups mostrals per a definir si hi ha diferències significatives entre l'hidrograma sortint de la conca de 1977 i el de 2005.

---

<sup>35</sup> En aquestes regressions en les que s'empren dades d'intensitat i durada de la precipitació, cal tenir en compte que com que les dades de intensitat de pluja 5 minutal són per al període 1996-2008, els canvis que es donen en el NC són tant poc remarcables que es pot considerar com una variable gairebé constant. Per això no s'inclou en l'anàlisi aquesta variable.

### 5.5.6 Determinació de les variables de càlcul

Tot seguit s'indiquen quins processos, models, equacions empíriques i equacions físiques s'empren en l'estudi. Aquests van classificats segons el camp d'estudi de la variable que descriuen: climatologia, hidrologia i hidràulica.

#### 5.6.6.1 Variables climatològiques

Mètode dels Polígons Thiessen (Variables de càlcul 1): Aquest mètode s'utilitza per estimar la precipitació areal en base a la precipitació puntual. Així, es consideren àrees amb la mateixa precipitació que l'observatori els polígons centrats en les estacions i que es limiten amb línies equidistants a parells d'estacions.

El càlcul es va fer mitjançant el programa de SIG ArcMap, amb les eines d'anàlisi de superfícies.

Coneixent la superfície ocupada pel polígon Thiessen resultant de cada estació pluviomètrica segons el cas<sup>36</sup> – dades de totes les estacions conegudes o que en falti alguna –, es pot obtenir el pes relatiu – valor de superfície d'una estació concreta dividida per la superfície total – de cada estació per a calcular la precipitació global de la conca. Els resultats d'aquesta divisió són els mostrats en la taula 3.

**Taula 3.** Ponderació – en tant per u – pels valors de precipitació de cada estació dins de la conca per obtenir la precipitació global.

<b>Situació</b>	<b>Igualada</b>	<b>Sant Quintí de Mediona</b>	<b>Veciana</b>	<b>El Bruc</b>
<b>Totes les estacions</b>	0,3481	0,2694	0,3074	0,0751
<b>Sense Igualada</b>	0,0000	0,3878	0,4481	0,1640
<b>Sense Sant Quintí de Mediona</b>	0,5350	0,0000	0,3074	0,1576
<b>Sense Veciana</b>	0,6555	0,2694	0,0000	0,0751
<b>Sense El Bruc</b>	0,3982	0,2943	0,3074	0,0000

<sup>36</sup> Veure Annex VII, Polígons Thiessen.

Determinació de la Radiació Solar (Variables de càlcul 2): Es tracta d'unes equacions físiques i empíriques<sup>37</sup> que s'empren per a determinar la radiació solar extraterrestre. Es determinen els valors de la distància entre el Sol i la Terra, les de la declinació magnètica i les de l'angle horari – col·locades respectivament –. Tal i com es pot comprovar, l'única informació geogràfica necessària és la latitud<sup>38</sup>.

$$d = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi k}{365}\right)$$

$$\delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi k}{365} - 1,39\right)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \cdot \tan \delta)$$

Aleshores s'aplica la fórmula de la radiació solar en MJ/m<sup>2</sup>·dia.

$$R_A = 0,082 \frac{24 \cdot 60}{\pi} \cdot d \cdot [\omega_s \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s]$$

I al sumar els valors diaris de radiació solar s'obtenen els valors de radiació solar mensual en les unitats necessàries per al càlcul de la evapotranspiració potencial de Hargreaves.

Evapotranspiració potencial de Hargreaves (Variables de càlcul 3): És una equació empírica per a estimar a nivell diari l'evapotranspiració. S'expressa de la següent forma<sup>39</sup>,

$$ETP_{\text{Hargreaves}} = 0,0023 \cdot (T_M + 17,8) \cdot (T_{\text{MAX}} - T_{\text{MIN}})^{0,5} \cdot R_S$$

---

<sup>37</sup> On la  $k$  representa el dia Julià – valor que és 1 el primer dia de l'any i 365 l'últim augmentant progressivament una unitat cada dia – i la  $\phi$  és la latitud en radiants – que per a Òdena és de 0.7258 radiants –.

<sup>38</sup> Veure Annex VIII, Radiació solar

<sup>39</sup> On ETP és evapotranspiració,  $T_M$  la temperatura mitjana,  $T_{\text{MAX}}$  i  $T_{\text{MIN}}$  la temperatura màxima i la mínima respectivament i  $R_S$  la radiació solar.

Model dels valors extrems de Gumbel i d'intensitat segons la durada de la precipitació de Yarnell (Variables de càlcul 4): La primera es tracta d'una expressió que estima els valors extrems de variables a partir de la mitjana i desviació típica que prenen per a un període de retorn determinat. La seva expressió és la indicada a continuació<sup>40</sup>,

$$x = \bar{x} - \left( 0.45 + 0.78 \ln \left( \ln \frac{T}{T-1} \right) \right) \cdot s$$

Per a la seva aplicació en el projecte s'empraran les dades de precipitació màxima en 24h anual per a estimar la precipitació màxima en 24h per a diferents períodes de retorn – 5, 10, 50, 100 i 200 anys –.

El segon model és el de Yarnell (Masich *et al.*, 2008)<sub>c</sub> –. Aquest va deduir la fórmula per a passar de Intensitat 24h a qualsevol període de temps,  $I = 10,4 \cdot t^{-0,73} \cdot I_{24h}$  – utilitzant les dades en hores –. Es determinarà la intensitat per a 24, 18, 12, 6, 5, 4, 3, 2, 1 i 0,5 hores.

Així doncs s'obtindran les corbes IDF que no són més que les corbes resultants d'unir els punts de intensitat i durada que pertanyen al mateix període de retorn.

Pluja de disseny (Variables de càlcul 5): Serveix per a calcular els hietogrames d'una precipitació teòrica per a un determinat període de retorn. Tot i que el mètode emprat és el de l'aiguat de 24h, només s'utilitza per als càlculs de l'hidrograma, el segon període<sup>41</sup>. Així per a aquest període de 6 hores la intensitat de pluja és la indicada a la taula 4 (Masich *et al.* 2008)<sub>d</sub>.

**Taula 4.** Càlcul de la intensitat horària per al segon període de l'aiguat de 24h<sup>42</sup>.

Hora	Intensitat (mm/h)
0	$P_4 - P_5$
1	$P_2 - P_3$
2	$P_1$
3	$P_1 - P_2$
4	$P_3 - P_4$
5	$P_6 - P_4$

<sup>40</sup> On  $\bar{x}$  és la mitjana,  $s$  la desviació típica i  $T$  el període de retorn.

<sup>41</sup> El mètode consta de tres períodes, dos de 6h i un tercer de 12h. En el primer i l'últim es considera intensitat de precipitació constant – corresponents a  $P_{12}-P_6$  i  $P_{24}-P_{12}$  respectivament –. Però a efectes de càlcul només es fa servir el segon per a agilitzar el treball.

<sup>42</sup> on la  $P_n$  és la precipitació d'un interval de temps  $n$  per a un període de retorn  $T$ .



### 5.5.6.2 Variables hidrològiques

Mètode del Número de Corba (Variables de càlcul 6): El número de corba s'utilitza per a determinar la pluja neta – és a dir, que genera escolament – d'un episodi de pluja concret.

Un cop determinat el número de corba de l'àrea d'estudi en funció dels complexos sòl-coberta i calculat el valor de NC a condicions d'humitat antecedent III es procedeix a determinar el paràmetre  $S_{\max}$  a partir del NC,

$$S_{\max} = \frac{25400}{NC} - 254$$

El 20% d'aquest valor és tot el volum inicial de precipitació que es perdrà per infiltració abans no comenci a haver-hi escolament. En el moment en que es supera aquest volum, l'escolament generat es determina de la següent forma<sup>43</sup>:

$$R = \frac{(P - 0,2 \cdot S_{\max})^2}{P + 0,8 \cdot S_{\max}}$$

Per tant, s'obtindrà finalment la pluja neta per a cada hora de l'episodi.

### Hidrograma sintètic de la SCS (Variables de càlcul 7)

L'hidrograma unitari és necessari per a saber quina és la resposta hidrològica de la conca davant d'una precipitació. És a dir, el volum d'aigua que s'escola per a 1mm de precipitació neta – escolament –.

El Soil Conservation Service, va elaborar un hidrograma sintètic amb una relació entre  $Q/Q_p$  i  $t/T_p$ <sup>44</sup> per a una pluja neta de 10mm. Així doncs, l'únic que s'ha de calcular és  $Q_p$  i  $T_p$  – el cabal punta i el temps punta – que depenen de varis paràmetres morfològics de la conca.

Es considera  $T_p$  com a valor únicament depenent del temps de concentració i de la durada dels intervals de pluja – D, que en aquest cas es consideren horaris –. Abans, però, s'ha de calcular el temps de concentració utilitzant una de les fórmules que pren com a valor la longitud del tram més llarg de la conca i el pendent mitjà – L i s –<sup>45</sup>.

---

<sup>43</sup> On R és l'escolament total generat, P la precipitació total acumulada en l'episodi i  $S_{\max}$  el paràmetre calculat anteriorment.

<sup>44</sup> Veure Annex XXIV, Hidrograma sintètic del SCS.

<sup>45</sup> Segui L en km, s en m/m, D en hores i A en km<sup>2</sup>.

$$T_C = 0,3 \left( \frac{L}{s^{0.25}} \right)^{0.76}$$

$$T_P = \frac{D}{2} + 0,31T_C$$

Un cop determinats  $T_C$  i  $T_P$ , l'únic que resta és l'estimació del  $Q_P$  que, per a una pluja de 10mm en tota la conca i de forma constant, s'expressa com a funció de l'àrea i del temps punta.

$$Q_P = 2,08 \frac{A}{T_P}$$

### 5.5.6.3 Variables hidràuliques

Mètode de Muskingum (Variables de càlcul 8): Finalment, un cop obtinguts els hidrogrames unitaris per a cada subconca sols falta estimar el trànsit d'aquests al llarg de tota la conca. El mètode que s'emptra és el de Muskingum i s'aplicarà per a cada tram de la conca residual – considerant com a tram la llera que hi ha entre un afluent i un altre<sup>46</sup> – mitjançant una fulla de càlcul – de Microsoft Excel –. Aquest considera que el cabal de sortida al final d'un tram en un determinat moment  $t_i$  és una ponderació del cabal d'entrada en el mateix instant, el de l'instant anterior i el cabal de sortida també de l'instant anterior. La ponderació es fa amb unes constants  $C_0$ ,  $C_1$  i  $C_2$  que depenen de tres paràmetres:  $x$ ,  $k$  i  $\Delta t$ .

---

<sup>46</sup> Per exemple, si en un primer moment la Subconca1 aporta un cabal  $x_1$ , aquest serà  $x_1'$  al arribar al punt on la Subconca2 aporta el seu cabal  $x_2$ . En aquest punt, el cabal serà  $x_1' + x_2$  però quan l'ona es desplaci fins al punt on conflueix amb la sortida de la Subconca 3, serà  $(x_1' + x_2)'$  i així successivament fins arribar al final de la conca on s'haurà aplicat tantes vegades el mètode de Muskingum com subconques aportin cabal a la llera residual.

- $x$  és una constant que oscil·la entre 0 i 0,5. Per a una primera aproximació s'acostuma a prendre 0,2 (Aparicio, 1999).
- $k$  és el temps de recorregut de la ona d'un extrem a l'altre del tram i serà per tant la longitud d'aquest dividit per la velocitat mitjana de l'aigua. La dificultat de l'aplicació del mètode de Muskingum es presenta doncs aquí, ja que per a poder estimar la velocitat mitjana es necessita conèixer la forma de la llera tal i com s'indica al punt 5.5.1<sup>47</sup>. Però també es necessita el cabal punta – considerant que la velocitat mitjana del cabal punta és 1,5 vegades la velocitat mitjana del flux (Viessman *et al.*, 1989)<sub>a</sub> –. Com que es desconeix el cabal punta el primer que es farà serà una aproximació considerant que la velocitat mitjana és de 3 m/s. Aleshores, amb el cabal que s'obtingui d'haver aplicat el mètode de Muskingum es recalcularà la velocitat<sup>48</sup> i en cas que aquesta variï més d'un 5% respecte l'anterior, es tornarà a aplicar el mètode fins que les variacions siguin menors al percentatge llindar establert. Per a facilitar la tasca de gestió de les dades, es dividirà la subconca en tres trams grans – que es subdivideixen en els trams descrits anteriorment –, en els que es considerarà que la llera és equivalent i, per tant, que la velocitat és constant.
- $\Delta t$  és l'interval de temps que transcorre entre cada valor de cabal estimat en l'hidrograma. En aquest cas es prendrà un valor de 0,25 hores perquè es considera que ja és prou detallat al tractar-se d'una conca gran. D'altra banda, aquest valor de  $\Delta t$  que es pren, es recomana que estigui comprès entre  $K$  i  $K/3$  (Viessman *et al.*, 1989)<sub>b</sub>. Així doncs si per algun tram el valor de  $K$  és inferior a  $\Delta t$ , per no haver de fer un hidrograma amb una precisió 5 minutal, s'unirà aquest amb el d'aigües avall i es considerarà que l'aportació d'aigua de la subconca que queda entre els dos trams, es farà al final dels dos trams.

---

<sup>47</sup> Gestió de les dades, 13.

<sup>48</sup> La velocitat punta es calcularà emprant l'equació de Manning, amb el cabal punta i amb les dades estimades de la llera. Per a obtenir la velocitat mitja es considerarà que la velocitat punta és aproximadament 1.5 vegades la velocitat mitja (Aparicio, 1999).

Un cop coneguts aquests valors es procedeix a calcular les constants  $C_0$ ,  $C_1$  i  $C_2$ .

$$C_0 = \frac{-kx + 0.5 \cdot \Delta t}{k - kx + 0.5 \cdot \Delta t}$$

$$C_1 = \frac{kx + 0.5 \cdot \Delta t}{k - kx + 0.5 \cdot \Delta t}$$

$$C_2 = \frac{k - kx - 0.5 \cdot \Delta t}{k - kx + 0.5 \cdot \Delta t}$$

I finalment es calculen els valors de cabal sortint per a cada instant de l'hidrogràma de la següent forma<sup>49</sup>,

$$O_t = C_0 \cdot I_t + C_1 \cdot I_{t-1} + C_2 \cdot O_{t-1}$$

Pel que fa al càlcul de en quin moment arribarà a la sortida l'aigua que s'escola en cada subconca, es farà dividint la longitud de la llera que separa la sortida de la subconca amb la sortida de la conca amb les velocitats que s'apliquen al mètode – les estimades per al valor  $K$  –. D'aquesta manera s'obté el temps que tarda l'hidrogràma d'una conca en arribar a la sortida. Així doncs, es considera que en l'instant en que s'inicia l'hidrogràma de la subconca, falten  $L/v$  hores perquè arribi a la sortida.

---

<sup>49</sup> On  $O_t$  és el cabal de sortida en l'instant  $t$  i  $I_t$  és el cabal d'entrada en el mateix instant.

## 6. Resultats i discussió

### 6.1 Factors condicionants de la dinàmica hidrològica

#### 6.1.1 Meteorologia

##### 6.1.1.1 Valors anuals de precipitació

Un cop calculada la precipitació global de la conca per a cada dia del període comprès entre 1977 i 2005, es procedeix a l'obtenció dels valors anuals sumant tots els valors de precipitació d'un mateix any hidrològic. Tanmateix, com que hi ha anys en els que falten dades<sup>50</sup>, la sèrie queda limitada als anys mostrats en la taula 5.

**Taula 5.** Valors anuals ponderats de precipitació per a la conca del riu Anoia.

<b>Any hidrològic</b>	<b>Precipitació anual (mm)</b>
1981/1982	647,0
1982/1983	511,1
1983/1984	629,7
1984/1985	474,1
1985/1986	389,7
1986/1987	458,9
1987/1988	686,5
1988/1989	471,7
1989/1990	434,3
1990/1991	638,3
1993/1994	349,2
1994/1995	694,2
1995/1996	771,5
1997/1998	429,5
1998/1999	413,1
1999/2000	575,9
2004/2005	244,1

---

<sup>50</sup> Cal tenir en compte que un any quedarà sense estar complet només amb que en un sol més només hi hagi informació de precipitació per a dues o menys estacions pluviomètriques.

**6.1.1.2 Valors anuals de temperatura mitjana i evapotranspiració****Temperatura mitjana anual**

Un cop es disposa de la informació de la temperatura mensual mitjana per a l'estació d'Òdena<sup>51</sup>, es calcula la temperatura mitjana anual per a la sèrie d'anys compresa entre 1977 i 2005 – els resultats es troben taula 6 –.

**Taula 6.** Valors anuals de temperatura mitjana per a l'estació d'Òdena.

<b>Any hidrològic</b>	<b>Temperatura mitjana (°C)</b>	<b>Any hidrològic</b>	<b>Temperatura mitjana (°C)</b>
1977/1978	13,8	1991/1992	13,2
1978/1979	13,7	1992/1993	13,3
1979/1980	13,0	1993/1994	13,8
1980/1981	13,3	1994/1995	13,7
1981/1982	14,1	1995/1996	14,0
1982/1983	13,4	1996/1997	13,9
1983/1984	13,3	1997/1998	14,3
1984/1985	13,3	1998/1999	13,7
1985/1986	13,6	1999/2000	13,6
1986/1987	13,7	2000/2001	14,1
1987/1988	14,2	2001/2002	13,0
1988/1989	14,1	2002/2003	14,5
1989/1990	14,8	2003/2004	13,1
1990/1991	13,4	2004/2005	13,5

**Evapotranspiració de Penman-Monteith anual**

A la taula 7 es mostren els valors de l'evapotranspiració potencial de Penman-Monteith estimats per a cada any hidrològic dels que es disposa d'informació de temperatura.

**Taula 7.** Valors de ETP de Penman-Monteith anuals estimats per a l'estació d'Òdena.

<b>Any hidrològic</b>	<b>ETP Penman-Monteith (mm)</b>	<b>Any hidrològic</b>	<b>ETP Penman-Monteith (mm)</b>
1977/1978	761,1	1991/1992	818,2
1978/1979	856,0	1992/1993	828,4
1979/1980	820,4	1993/1994	853,0
1980/1981	844,9	1994/1995	829,9
1981/1982	862,4	1995/1996	846,3
1982/1983	858,5	1996/1997	837,3
1983/1984	851,1	1997/1998	864,2
1984/1985	864,8	1998/1999	841,8
1985/1986	875,0	1999/2000	843,1
1986/1987	859,8	2000/2001	847,9
1987/1988	865,1	2001/2002	824,8
1988/1989	876,2	2002/2003	809,5
1989/1990	891,1	2003/2004	815,0
1990/1991	842,7	2004/2005	858,7

<sup>51</sup> Veure Annex III, Adequació de les temperatures d'Agramunt per a Òdena.

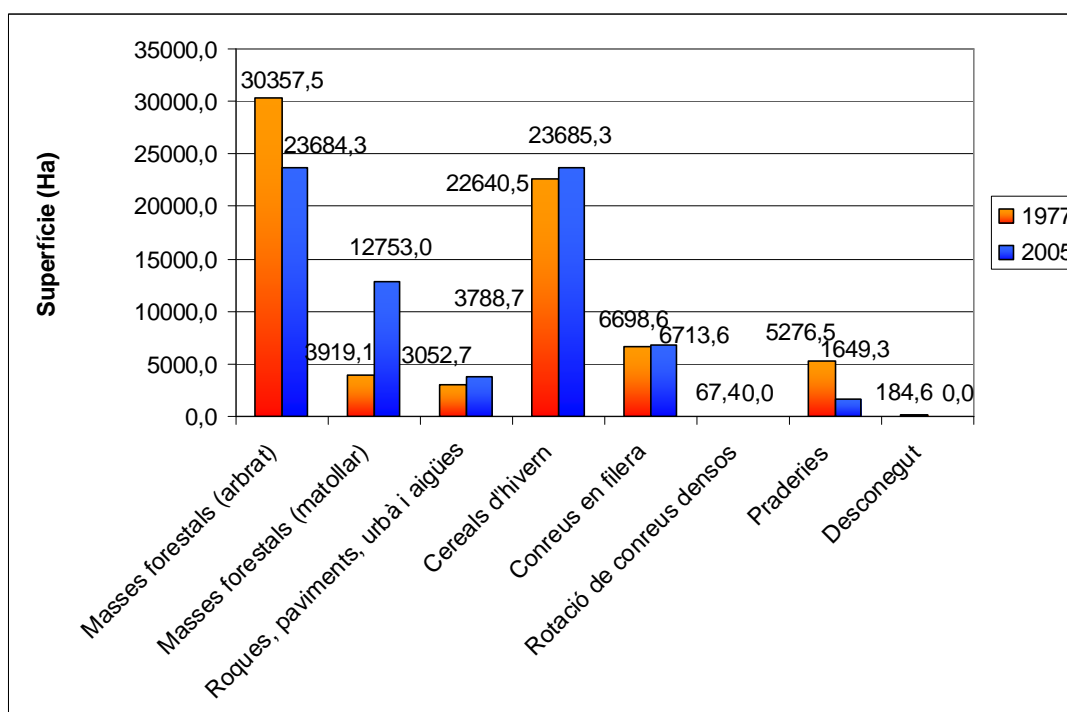
## 6.1.2 Usos del sòl

### 6.1.2.1 Evolució dels usos del sòl entre 1977 i 2005

Un cop estandaritzats els usos i despreses les dades dels usos per subconques<sup>52</sup>, es procedeix a l'anàlisi de l'evolució dels usos en el període estudiat. En primer lloc es presenta la taula 8 on consten les superfícies ocupades per cada categoria d'ús<sup>53</sup> en la conca i l'histograma 14 on se'n pot veure l'evolució gràfica. Així mateix es fa l'anàlisi del percentatge de la superfície ocupada per cada categoria tant l'any 1977 com 2005 – representats en els diagrames circulars 15 i 16 –.

**Taula 8.** Superfícies ocupades per cada categoria d'ús segons l'any

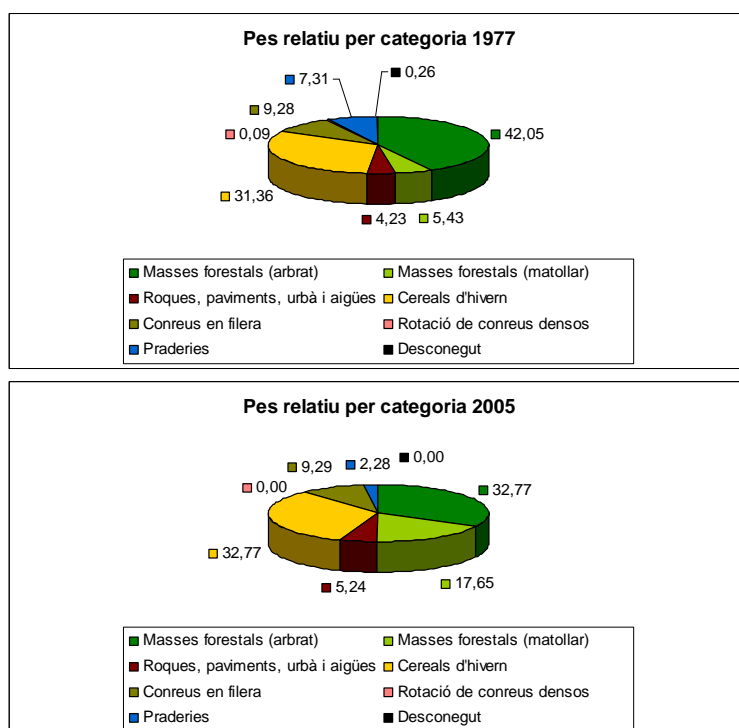
	Superfície 1977 (ha)	Superfície 2005 (ha)
<b>Masses forestals (arbrat)</b>	30357,5	23684,3
<b>Masses forestals (matollar)</b>	3919,1	12753,0
<b>Roques, paviments, urbà i aigües</b>	3052,7	3788,7
<b>Cereals d'hivern</b>	22640,5	23685,3
<b>Conreus en filera</b>	6698,6	6713,6
<b>Rotació de conreus densos</b>	67,4	0,0
<b>Praderies</b>	5276,5	1649,3
<b>Desconegut</b>	184,6	0,0



**Gràfic 14.** Representació gràfica de l'evolució de la superfície ocupada per cada categoria d'ús segons l'any.

<sup>52</sup> Veure Annex X, Estandarització dels usos del sòl de 1977 i 2005 i Annex XI, Usos del sòl de 1977 i 2005 per subconques. Per a aquests s'empren els mapes d'usos del sòl de 1977 i 2005 presents en els annexes cartogràfics a escala 1:100.000.

<sup>53</sup> Veure Annex IX, Descripció de les categories d'ús.



**Gràfiques 15 i 16.** Diagrames circulars del percentatge de superfície ocupades per cada categoria d'ús els anys 1977 i 2005.

De l'anterior taula i les gràfiques se'n pot extreure que la transformació més gran que s'ha produït ha estat la reducció de la superfície arbrada que ha passat de representar el 42,05% de la superfície al 32,77% – en hectàrees és un pas de 30.357,5 ha a 23.684,3 ha – i un increment del matollar que puja un 10,28% – un percentatge molt similar a la reducció de la superfície arbrada que és del 12,98% –.

Tanmateix com que es necessita més informació espacial per a poder confirmar que el canvi principal és el pas d'arbrat a matollar es procedeix a solapar els usos de 1977 amb els de 2005 per a comprovar quines transformacions s'han produït<sup>54</sup>. D'aquest anàlisi se'n desprèn que l'afirmació és certa.

A més a més en les anteriors gràfiques s'hi pot observar l'increment de superfície de roques, paviments, zona urbana i aigües – el més probable és que degut a un increment de la superfície urbanitzada – que passa de 3.052,7 ha a 3.788,7 ha – i també l'augment dels conreus de cereals així com un decreixement dels conreus en filera.

Pel que fa a la superfície de cereals d'hivern i conreus en filera, augmenta en tot el període només 1.059,8 ha.

Destaca també per últim la davallada de les praderies que han passat d'ocupar una superfície de 5.276,5 ha a tan sols 1.649,3 ha.

<sup>54</sup> Veure Annex XII, Transformació dels usos entre 1977 i 2005.



#### 6.1.2.2 Canvis en els usos del sòl

A l'hora de decidir quines característiques eren les adequades per a explicar l'evolució del número de corba es van tenir en compte els resultats de l'apartat anterior. Així es van observar les següents possibilitats:

- Pas de bosc a matollar: En l'apartat anterior ja s'ha fet palesa la rellevància d'aquests canvis. Una transformació de bosc a matollar pot deure's principalment a dos factors: la silvicultura – zones talades – o bé els incendis. Sembla més raonable que els incendis puguin ser els responsables d'aquests canvis ja que entre 1986 i 2008 es van cremar més de 17.000 ha<sup>55</sup> a la comarca de l'Anoia. Així doncs, es plantegen els incendis com a possible variable explicativa de l'evolució del número de corba.
- Reducció de la superfície de prats: Tot i que hi ha un clar descens en la categoria d'ús de praderies entre el 1977 i el 2005, quan s'analitza la transformació que aquestes pateixen<sup>56</sup> s'observa que passen a ser diferents usos – bosc, matollar i cereals d'hivern principalment –. Així que no s'observa, a nivell de conca, una raó clara de perquè es redueix la superfície. Per tant, no es podrà emprar a nivell global per a explicar l'evolució del número de corba.
- Increment de superfície de cereals i reducció dels conreus en filera: Si bé hi ha transformacions significatives entre 1977 i 2005, es considera que l'efecte principal que pot explicar millor el canvi d'usos del sòl és la possible influència dels incendis en el pas de bosc a matollar. Per simplificar l'estudi doncs, aquesta variable no serà analitzada. Tanmateix en posteriors estudis es podria tenir en compte ja que per a aquestes dades, els censos agraris poden explicar clarament quina és la seva evolució – i es publiquen amb major freqüència que la informació d'usos del sòl –.

Es considerarà doncs, sempre i quan no es demostrï el contrari, que els incendis poden ser la principal variable explicativa dels canvis donats en el número de corba.

---

<sup>55</sup> Dades extretes del Departament de Medi Ambient i Habitatge (6)

<sup>56</sup> Les dades que s'empren són les de l'Annex XIII, Anàlisi de la transformació dels usos entre 1977 i 2005.

### 6.1.2.2.1 Incendis

#### Àrees afectades pels incendis de 1977 a 1985<sup>57</sup>

Dels incendis per al període de 1977 a 1985 no se'n disposa d'informació geogràfica més que els noms del municipi i el paratge on va iniciar-se el foc. Així doncs, amb les dades disponibles de superfícies afectades s'ha considerat que els incendis que s'inicien dins de la conca<sup>58</sup> només involucren àrees de la pròpia. En la taula 9 hi ha la relació detallada de tots els incendis i en la 10 s'indica la superfície total cremada per any hidrològic.

**Taula 9.** Relació d'incendis del període 1977-2005 i superfícies afectades – en hectàrees – dels municipis que formen part de la conca del riu Anoia.

Data	Any hidrològic	Municipi	Paratge	Superfície arbrada	Superfície no arbrada	Total
07/05/1978	1977/1978	La Pobla de Claramunt	La Socarrada	50	10	60
01/10/1978	1978/1979	Piera	Castell de Bardoc	56	0	56
03/08/1979	1978/1979	Copons	Cal Salomé	30	45	75
09/10/1980	1980/1981	La Pobla de Claramunt	Ninota	20	0	20
11/10/1980	1980/1981	La Pobla de Claramunt		200	0	200
11/10/1980	1980/1981	La Torre de Claramunt		200	0	200
11/10/1980	1980/1981	Piera	Vallbonica	250	20	270
11/10/1980	1980/1981	Capellades		100	5	105
11/10/1980	1980/1981	Vallbona d'Anoia		165	10	175
06/07/1982	1981/1982	Argençola		123	0	123
06/07/1982	1981/1982	Jorba		703,7	298,5	1.002,2
06/07/1982	1981/1982	Sant Martí de Tous	Can Solana	35,5	0	35,5
18/08/1983	1982/1983	La Pobla de Claramunt	Mollons	100	0	100
23/09/1984	1984/1985	Copons	La Juncosa	25	0	25
09/04/1985	1984/1985	Jorba	Solana torrent	27	0	27
09/04/1985	1984/1985	Rubió		7,3	0	7,3
26/07/1985	1984/1985	Argençola	Cal Vilaplana	95	0	95

<sup>57</sup> Les dades estan extretes del Departament de Medi Ambient i Habitatge, de l'històric d'incendis 1968-2007 (8)

<sup>58</sup> Si part del terme municipal està dins de la conca, es considera que tot l'incendi afecta a superfície de la conca.

**Taula 10.** Superfície estimada cremada dins de la conca de l'Anoia segons l'any hidrològic en el període 1977-1985.

<b>Any hidrològic</b>	<b>Superfície cremada (ha)</b>
<b>1977/1978</b>	60
<b>1978/1979</b>	131
<b>1980/1981</b>	970
<b>1981/1982</b>	1.160,7
<b>1982/1983</b>	100
<b>1984/1985</b>	154,3
<b>Total període</b>	2.576,0

Superfície total afectada en conjunt en el període de 1977 a 2008<sup>59</sup>

Coneixent els incendis per al període 1977-1985 i amb la informació geogràfica dels incendis de 1986-2008 – present en la taula 11 –, es fa un darrer càlcul de superfície total afectada segons l'any hidrològic per al període 1977-2008<sup>60</sup> – taula 12 –. Cal tenir en compte però, que una mateixa superfície pot estar afectada per incendis dos anys diferents. Aleshores hi hauria un solapament de les superfícies i el valor final del total afectat seria superior al real. Així doncs, s'ha descomptat a les superfícies afectades l'àrea de solapament dels dos incendis<sup>61</sup>. La reducció de superfície s'aplica a l'any més recent<sup>62</sup>.

**Taula 11.** Superfície cremada segons la subconca en el període 1986-2008<sup>63</sup>.

<b>Subconca</b>	<b>1986</b>	<b>1989</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>2006</b>	<b>Total</b>
<b>1</b>	658,5					658,5
<b>2</b>	877,0			0,3		877,3
<b>3</b>	816,3			60,0	60,9	937,2
<b>4</b>	1.821,0					1.821,0
<b>7</b>	438,0					438,0
<b>9</b>	1.394,0					1.394,0
<b>12</b>	300,8					300,8
<b>13</b>				0,4		0,4
<b>19</b>				3,3		3,3
<b>20</b>				51,5		51,5
<b>23</b>		59,3	684,7	363,6		1.107,7
<b>24</b>	191,8			88,8		280,6
<b>Total</b>	6.497,4	59,3	684,7	567,8	60,9	<b>7.870,1</b>

<sup>59</sup> Descarregat de la pàgina web del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya (6). El mapa dels incendis de 1986 a 2008 es troba en els annexes cartogràfics a escala 1:200.000.

<sup>60</sup> Com que en la informació geogràfica no es disposa de la data de l'incendi, entenent que el període amb major quantitat d'incendis és l'estiu, es prendrà l'any hidrològic al qual pertanyi l'estiu de l'any en que s'han registrat els incendis.

<sup>61</sup> Veure Annex XIII, Solapament dels incendis.

<sup>62</sup> Es descompta de l'any més recent perquè es considera que la àrea començarà a comportar-se com a cremada en el moment del primer incendi.

<sup>63</sup> Les dades en cursiva han estat modificades descomptant la superfície que ja s'havia cremat amb anterioritat.

**Taula 12.** Superfície estimada cremada dins de la conca de l'Anoia segons l'any hidrològic en el període 1977-2008.

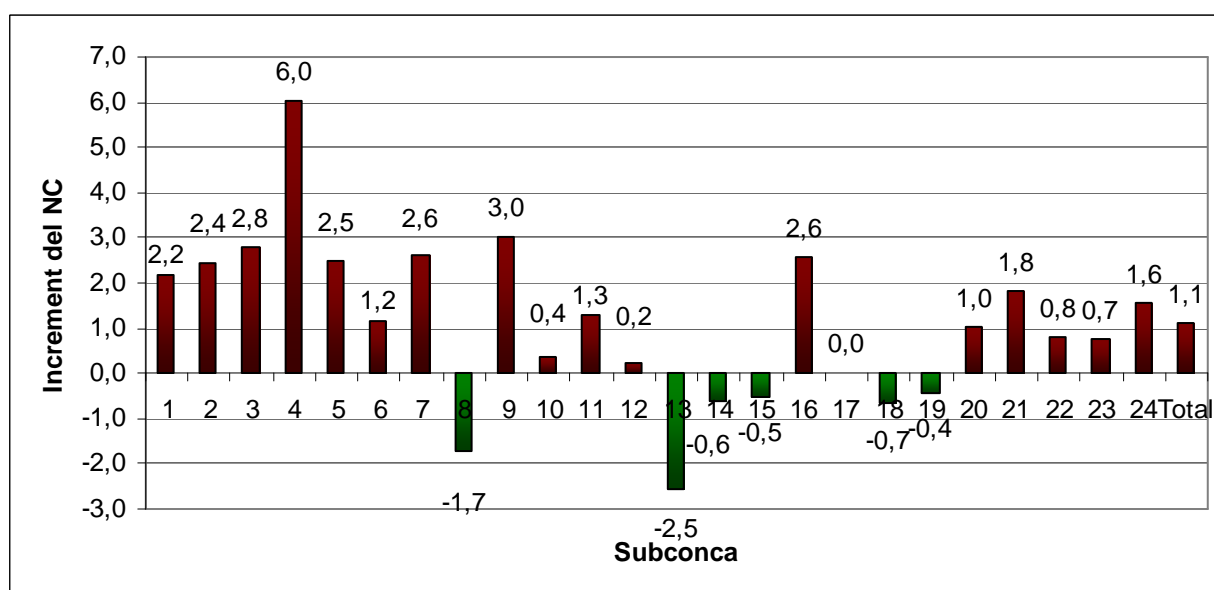
<b>Any hidrològic</b>	<b>Superfície cremada (ha)</b>
<b>1977/1978</b>	60
<b>1978/1979</b>	131
<b>1980/1981</b>	970
<b>1981/1982</b>	1.160,7
<b>1982/1983</b>	100
<b>1984/1985</b>	154,3
<b>1985/1986</b>	6.497,4
<b>1988/1989</b>	59,3
<b>1992/1993</b>	684,7
<b>1993/1994</b>	567,8
<b>2005/2006</b>	60,9
<b>Total període</b>	10.446,1

### 6.1.2.3 Número de corba

#### 6.1.2.3.1 Evolució del número de corba

Un cop estandaritzada la litologia, combinats els usos amb aquesta, coneguts els complexos sòl-coberta i obtinguts els números de corba per subconques<sup>64</sup> es procedeix a discutir-ne els resultats.

En la figura 17 es mostra l'increment en el número de corba de cada subconca així com l'increment global del NC a la conca.



**Figura 17.** Increment del número de corba – valor indicat a sobre de cada barra – en funció de la subconca.<sup>65</sup>

Tal i com es pot comprovar en la figura 17, el grup de subconques 1 a 5 així com la 7, la 9 i la 16 són les que tenen els majors increments del número de corba. Això implica un augment de l'escolament en igualtat de condicions entre l'any 1977 i 2005. Observant les diferències en superfícies ocupades per cada categoria d'ús segons la subconca entre l'any 1977 i el 2005<sup>66</sup> s'extreu que els majors creixements del número de corba són deguts a un increment de la superfície de matollar en detriment de la de bosc i que la reducció en 2.5 punts del NC en la conca 13 és possiblement deguda a un increment de la superfície del bosc que es resta del total d'hectàrees de praderies.

<sup>64</sup> Veure Annex XIV, Estandarització de la litologia i Annex XV, Números de corba.

<sup>65</sup> Els valors en verd indiquen un decrement del NC i els vermells un increment.

<sup>66</sup> Veure Annex XVII, Comparació de les superfícies ocupades segons categoria d'ús per subconca els anys 1977 i 2005.

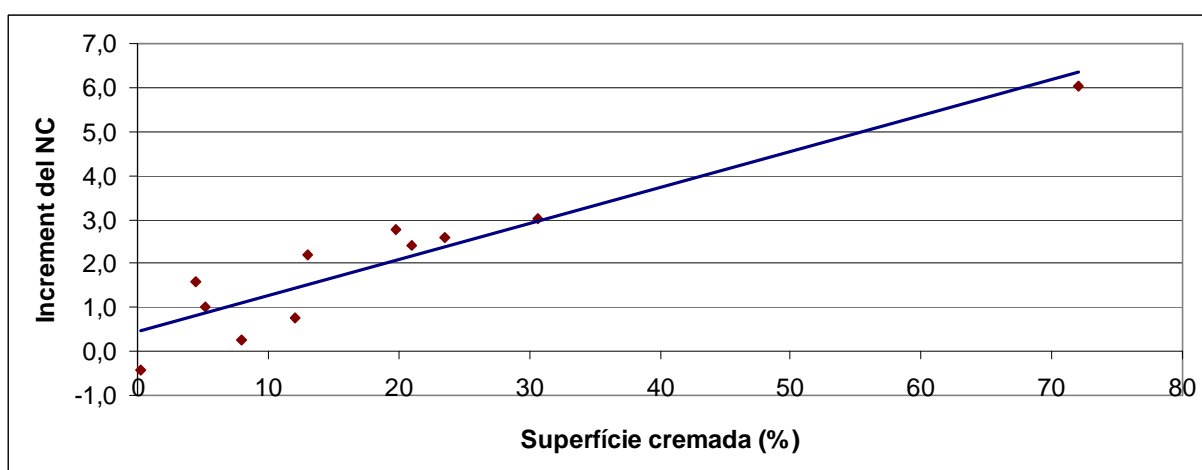
### 6.1.2.3.2 Increment del número de corba en relació a la superfície cremada

La informació despresa de l'anterior apartat mostra una reducció de la superfície de bosc i un increment de matollar. Aquest fet pot estar degut als incendis, així que el següent pas és explicar en quin grau poden haver estat els incendis forestals els responsables de l'increment del número de corba.

Prenent la informació de superfícies cremades en les subconques – en percentatge – i l'increment del número de corba d'aquestes – dades mostrades en la taula 13 i gràfica 18 –, s'analitza si la variació del NC té alguna relació amb la superfície cremada de la conca.

**Taula 13.** Superfície cremada en percentatge i increment del NC segons subconques.

Subconca	Superfície cremada (%)	Increment NC
1	13,02	2,20
2	20,96	2,42
3	19,76	2,78
4	72,02	6,02
7	23,50	2,60
9	30,67	3,02
12	7,98	0,25
19	0,26	-0,43
20	5,17	1,03
23	12,07	0,75
24	4,50	1,57



**Gràfic 18.** Representació de les parelles de punts en el pla segons l'increment del número de corba i la superfície afectada per incendis.

Així doncs es fa la regressió dels valors de superfície cremada amb l'increment del número de corba<sup>67</sup> obtenint un coeficient de determinació de 0,8730, un valor suficientment alt com per afirmar que en el cas de les subconques analitzades el factor incendis és clau per a explicar com evoluciona el NC. L'anàlisi s'ha fet prenent un interval de confiança del 95%.

#### 6.1.2.3.3 La superfície afectada per incendis com a variable explicativa dels canvis en el NC

Com que s'ha comprovat que per a les subconques analitzades<sup>68</sup>, el percentatge de superfície afectada pels incendis explicava en un 87,30% els increments del NC, es presenta la possibilitat d'emprar la superfície total afectada per incendis al llarg dels anys en la conca del riu Anoia per a determinar l'evolució del número de corba.

Tenint en compte que només s'han analitzat un número determinat de subconques i per tant una part de la superfície, s'ha de comprovar que es pot extrapolar a nivell de conca que la variable superfície cremada explica les variacions en el número de corba global.

Per a poder fer aquesta afirmació, es comprovarà quin és el pes dels canvis en les subconques estudiades en relació amb els canvis de NC que succeeixen a nivell de conca. Per a això es pren l'increment de NC entre 1977 i 2005 en valor absolut<sup>69</sup> per a cadascuna de elles i es multiplica per la seva superfície – per ponderar en funció de l'àrea ocupada per la subconca – tal com es mostra en la taula 14.

---

<sup>67</sup> Veure Annex XVIII, Resultats estadístics de la regressió entre el NC i la superfície afectada per incendis.

<sup>68</sup> Subconques 1, 2, 3, 4, 7, 9, 12, 19, 20, 23 i 24.

<sup>69</sup> Es fa en valor absolut ja que s'està calculant una taxa de canvi i ha de tenir el mateix pes una conca sigui el seu increment del número de corba del signe que sigui.

**Taula 14.** Determinació del valor variació del número de corba per subconca ponderat per la superfície – dades en hectàrees –.

Subconca	Superfície (ha)	Increment NC	Superfície x  Increment NC
1	5056,6	2,2	11104,5
2	4185,3	2,4	10139,9
3	5161,3	2,8	14357,3
4	2528,8	6,0	15219,0
5	3796,9	2,5	9399,8
6	6058,4	1,2	7107,3
7	1863,2	2,6	4846,5
8	486,6	-1,7	831,0
9	4545,7	3,0	13732,2
10	778,2	0,4	283,3
11	478,7	1,3	613,5
12	3769,6	0,2	934,4
13	10022,7	-2,5	25542,9
14	694,8	-0,6	428,5
15	363,0	-0,5	194,7
16	349,3	2,6	902,8
17	638,7	0,0	7,1
18	2208,4	-0,7	1485,8
19	1238,6	-0,4	528,3
20	996,3	1,0	1023,1
21	573,6	1,8	1048,3
22	963,0	0,8	771,5
23	9199,1	0,7	6898,8
24	6239,8	1,6	9825,4
<b>Total</b>	<b>72196,5</b>		<b>137225,7</b>

Sumant sols els valors de superfície per increment de corba de les subconques analitzades, s'obté un total de 88.609,2 que al dividir-lo pel total de canvi que succeeix – és a dir 137.225,7 – representa un 64,6% del canvi de la conca.

Tanmateix, analitzant el percentatge del canvi que representen les conques estudiades, es pot fer una altra consideració que és que en la subconca 13 el 84,6% dels canvis<sup>70</sup> es deuen al pas de matollar a bosc, un pas que és transitori i que es fa escalonadament. Aleshores els canvis en el NC d'aquesta conca es produiran en una evolució gradual i constant.

El pes de la subconca 13 en el total dels canvis és del 18,6%. Per tant, si els incendis expliquen el 64,6% dels canvis i el pas de prat a bosc el 18,6%, el total dels canvis que s'expliquen és del 83,2%.

<sup>70</sup> Obtingut en l'Annex XVII, Comparació de les superfícies ocupades segons categoria d'ús per subconca els anys 1977 i 2005



### 6.1.2.3.3 Estimació de la evolució del número de corba en el període de 1977 a 2008

Com a últim pas per a poder fer l'anàlisi estadística, s'ha d'estimar com ha evolucionat el NC al llarg de tot el període. Per això s'empren les dades de superfície cremada acumulada tot descomptant el pes de la subconca 13 – la qual es considera que té un decrement del NC gradual –. Tal i com es pot veure sota d'aquestes línies<sup>71</sup>, per a descomptar el pes d'aquesta es pren el valor de NC global, es multiplica per la superfície total de la conca i es fa la diferència amb el pes de canvi de la subconca 13. Aquest valor es divideix per la diferència entre la superfície total de la conca i la superfície de la subconca 13 i s'obté el valor del NC de la conca si se n'extreïés l'efecte de la subconca 13.

$$\frac{NC_{Total} \cdot S_{Total} - NC_{S13} \cdot S_{S13}}{S_{Total} - S_{S13}} = NC_{Total-S13}$$

Per a 1977 els valors són,

$$\frac{65,8 \cdot 72.196,5 - 60,8 \cdot 10.022,7}{72.196,5 - 10.022,7} = 66,6$$

I per a 2005,

$$\frac{66,9 \cdot 72.196,5 - 58,2 \cdot 10.022,7}{72.196,5 - 10.022,7} = 68,3$$

Així doncs, considerant que hi ha una relació lineal entre el número total d'hectàrees cremades i l'increment del número de corba, s'obté el pendent de la recta que no és més que l'augment que succeeix en el NC entre 1977 i 2005 dividit per la superfície total cremada en aquest període. El valor d'aquesta és de  $1,6274 \cdot 10^{-4}$  punts per hectàrea cremada.

La taxa de decrement de la subconca 13, com que ha de disminuir el NC en 2,6 en 28 anys, serà de -0,0929 punts per any.

I finalment per obtenir el NC global de cada any s'emprarà la següent fórmula,

$$NC_T = \frac{NC_{T-S13} \cdot (S_T - S_{S13}) + NC_{S13} \cdot S_{S13}}{S_T}$$

---

<sup>71</sup> On S és superfície i els subíndexs T i S13 indiquen del total de la conca i de la subconca 13 respectivament

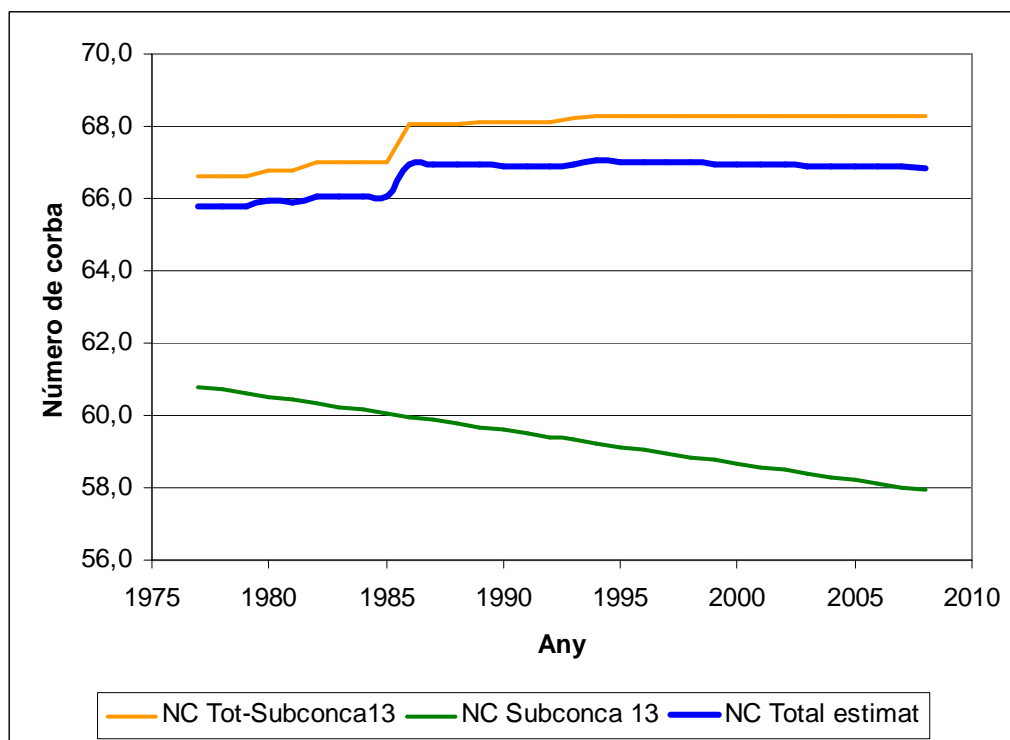
A la taula 15 es mostren els valors parcials del NC anteriors a incloure la subconca 13 en el valor final del NC.

**Taula 15.** Valors parcials de NC en l'anàlisi separant la subconca 13 i amb el valor final global.

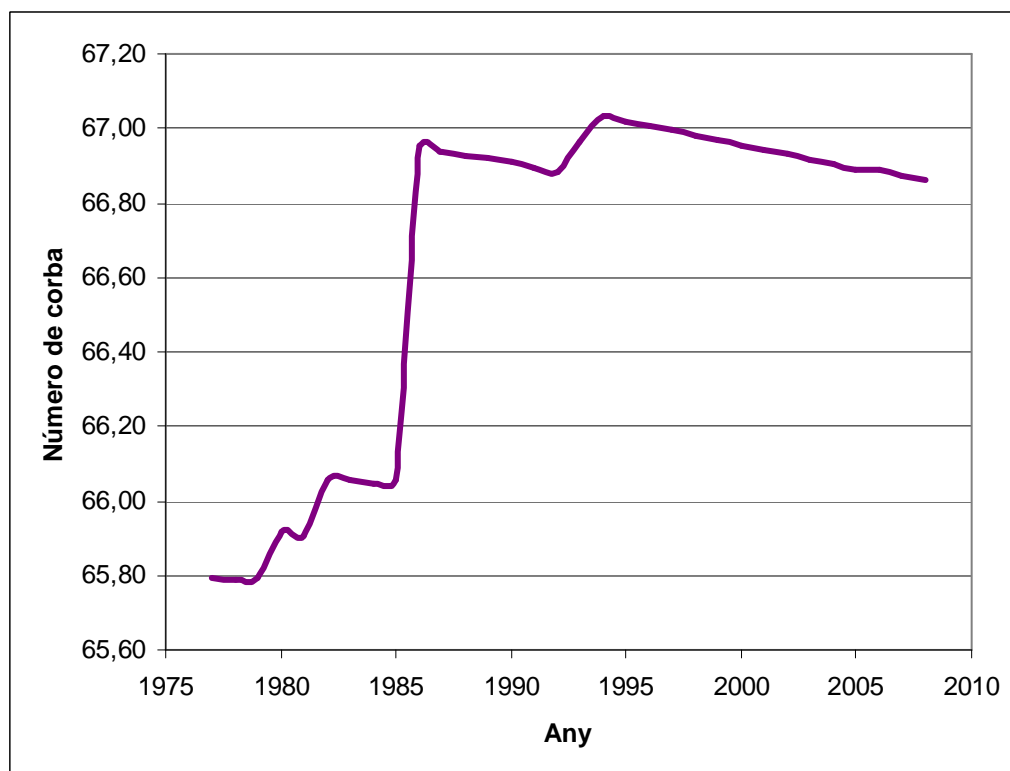
Any	Superfície cremada (ha)	Superfície cremada acumulada (ha)	NC global conegut	NC Tot-Subconca13	NC Subconca 13	NC Total estimat
1977		0	65,8	66,6	60,8	<b>65,79</b>
1978	60	60		66,6	60,7	<b>65,79</b>
1979	131	191		66,6	60,6	<b>65,80</b>
1980	970	1161		66,8	60,5	<b>65,92</b>
1981		1161		66,8	60,4	<b>65,91</b>
1982	1160,7	2321,7		67,0	60,3	<b>66,06</b>
1983	110,0	2431,7		67,0	60,2	<b>66,06</b>
1984		2431,7		67,0	60,2	<b>66,05</b>
1985	154,3	2586		67,0	60,1	<b>66,05</b>
1986	6497,4	9083,4		68,1	60,0	<b>66,95</b>
1987		9083,4		68,1	59,9	<b>66,94</b>
1988		9083,4		68,1	59,8	<b>66,93</b>
1989	59,3	9142,7		68,1	59,7	<b>66,92</b>
1990		9142,7		68,1	59,6	<b>66,91</b>
1991		9142,7		68,1	59,5	<b>66,90</b>
1992		9142,7		68,1	59,4	<b>66,88</b>
1993	684,7	9827,4		68,2	59,3	<b>66,97</b>
1994	567,8	10395,2		68,3	59,2	<b>67,03</b>
1995		10395,2		68,3	59,1	<b>67,02</b>
1996		10395,2		68,3	59,0	<b>67,01</b>
1997		10395,2		68,3	58,9	<b>66,99</b>
1998		10395,2		68,3	58,9	<b>66,98</b>
1999		10395,2		68,3	58,8	<b>66,97</b>
2000		10395,2		68,3	58,7	<b>66,96</b>
2001		10395,2		68,3	58,6	<b>66,94</b>
2002		10395,2		68,3	58,5	<b>66,93</b>
2003		10395,2		68,3	58,4	<b>66,92</b>
2004		10395,2		68,3	58,3	<b>66,90</b>
2005		10395,2	66,9	68,3	58,2	<b>66,89</b>
2006	60,9	10456,1		68,3	58,1	<b>66,89</b>
2007		10456,1		68,3	58,0	<b>66,87</b>
2008		10456,1		68,3	57,9	<b>66,86</b>

A més a més com que no hi ha hagut incendis significatius entre 2005 i 2008<sup>72</sup> – tan sols un de 61 ha l'any 2005 – i considerant que a la subconca 13 seguirà havent-hi el mateix decrement en el NC, s'estimen els valors de NC globals per als anys 2005-2008. En la gràfica 19 s'hi poden observar les dues estimacions de partida i la final. A la figura 20 hi ha la representació de la gràfica resultant amb un major grau de detall.

<sup>72</sup> Per tant vol dir que es pot estimar que el NC a tota la conca excepte la subconca 13 és constant.



**Gràfic 19.** Valors del NC estimat per al període 1977 a 2008 per a les diferents subconques i valor de NC global calculat en base a les anteriors.



**Gràfic 20.** Detall del gràfic anterior on es mostra el valor del NC global estimat per al període 1977 a 2008.

Per a determinar fins a quin punt s'explica la variabilitat amb aquesta estimació del NC el que es tindrà en compte és el pes que tenen les subconques – de les que se'n coneix o calcula la seva evolució – respecte el total en l'increment del NC. Alhora s'ha de tenir en compte el grau de precisió de les estimacions que s'han fet per a determinar l'evolució del NC de les subconques nombrades.

Així doncs, explicats els dos efectes,

- Incendis: L'estimació de l'evolució del NC per mitjà de la superfície cremada explica el 87,30% de la variabilitat del NC, i les subconques estudiades – 1, 2, 3, 4, 7, 9, 12, 19, 20, 23 i 24 – representen el 64,6% de tots els canvis.
- Transició prat-bosc: Explica el 85% dels canvis de la subconca 13 i el pes d'aquesta és del 18.6% del total de variació del NC.

Per tant, la variabilitat total de l'evolució del NC és la resultant de la ponderació d'explicació de la variabilitat de cada efecte.

$$0,8730 \cdot 0,646 + 0,846 \cdot 0,186 = 0,721$$

L'estimació de l'evolució del NC té en compte el 72,1% dels canvis que es donen a la conca.

## 6.2 Anàlisi de la dinàmica hidrològica

### 6.2.1 Volum d'escolament

#### Valors del volum d'escolament anual

A partir de les dades diàries de cabal es procedeix al càlcul del volum d'escolament anual en mil·límetres per any per tots els anys hidrològics dels que es disposi d'informació completa – els resultats es mostren a la taula 16.

**Taula 16.** Valors anuals de volum d'escolament segons l'any hidrològic.

Any hidrològic	Volum d'escolament anual (mm/any)	Volum d'escolament anual (hm <sup>3</sup> /any)
1978/1979	73,4	53,0
1981/1982	64,6	46,6
1982/1983	60,1	43,4
1983/1984	73,0	52,7
1984/1985	51,8	37,4
1985/1986	36,3	26,2
1987/1988	104,7	75,6
1988/1989	49,6	35,8
1989/1990	44,4	32,1
1990/1991	206,2	148,9
1992/1993	96,5	69,7
1993/1994	47,4	34,2
1994/1995	147,2	106,3
1995/1996	209,2	151,0
1997/1998	47,2	34,1
2000/2001	20,5	14,8
2001/2002	28,9	20,9

Aleshores emprant aquestes dades i les de precipitació anual es determina el coeficient d'escolament anual<sup>73</sup>.

<sup>73</sup> Veure Annex XVII, Valors del coeficient d'escolament anual

## 6.2.2 Relació del volum d'escolament amb variables meteorològiques i de superfície

### 6.2.2.1 Relació diària entre el volum d'escolament i les variables precipitació, temperatura o evapotranspiració i número de corba

Emprant les dades obtingudes en l'apartat 6.1, es procedeix a l'anàlisi estadística de la regressió que té com a variable dependent els valors de volum d'escolament i com a variables explicatives la precipitació, la temperatura o l'evapotranspiració i el número de corba<sup>74</sup>.

Quan no es fa separació dels episodis, la regressió té un coeficient de determinació d'aproximadament 0,29 – tant calculat amb la variable evapotranspiració com amb la temperatura –. En aquests dos casos els estimadors estandaritzats – veure taula 17 – indiquen que la disminució de la varianza obtinguda amb el model depèn gairebé exclusivament de la precipitació – explica 38 vegades més que el NC i 1.080 vegades més que la temperatura.

**Taula 17.** Estimadors estandaritzats per a la regressió Volum d'escolament com a funció de la P, T i NC<sup>75</sup>.

Variable	Estimador estandaritzat	
	Regressió amb T	Regressió amb ETP
<b>Terme independent</b>	0	0
<b>P</b>	0,5407	0,5405
<b>T</b>	0,0005*	
<b>ETP</b>		-0,0095*
<b>NC</b>	0,0142**	0,0145**

Posteriorment, per a poder extreure conclusions més afinades es fa una agrupació de cada episodi també segons el complex classe de precipitació – condicions d'humitat antecedent ja que s'entén que defineixen característiques generals però importants en la resposta hidrològica que hipotèticament tindrà la conca. D'aquesta manera s'agrupen els episodis per similitud de resposta esperada.

Fent ús de les variables indirectes, els resultats del coeficient de determinació són molt variables – tal i com es pot comprovar en la taula 18–.

<sup>74</sup> Els resultats estadístics es mostren en l'Annex XIX, Resultats estadístics de l'anàlisi de la dinàmica hidrològica.

<sup>75</sup> \* indica que l'estimador té una fiabilitat < 90%

\*\* indica que l'estimador té una fiabilitat < 95%

**Taula 18.** Coeficients de determinació de les regressions entre volum d'escolament diari i les variables explicatives precipitació, evapotranspiració i número de corba i separat segons les condicions d'humitat anterior i classe de precipitació.

Classe de precipitació	Condicions d'humitat anterior	Coeficient de determinació, $R^2$	Nivell de significació (gll)
<10	CI	0,0052	3364
<10	CII	0,0291	1084
<10	CIII	0,0713	1925
10-20	CI	0,2311	14
10-20	CII	0,1068	15
10-20	CIII	0,1158	39
>20	CI	0,4270	9
>20	CII	0,9571	3
>20	CIII	0,1696	24

Com ja s'havia comentat amb anterioritat, la classe de precipitació <10mm inclou tipus de pluges molt diferents i de intensitat extremadament variable. A més, sovint els episodis no donen resposta a nivell d'escolament. Per això els valors dels coeficients de determinació de les regressions són realment baixos.

Pel que fa a la classe 10-20 mm si bé els valors són clarament més elevats, encara resulten molt baixos com per a poder indicar una forta interacció entre les variables.

Els valors més alts es troben a la classe de precipitació >20mm, sobretot en les condicions d'humitat anterior I i II. Tanmateix se'n qüestiona la regressió per a condicions d'humitat II per la falta de mostres ja que es tracta d'un model amb 3 variables explicatives i només 5 mostres – així que el volum d'informació resulta massa escàs –.

Pel que fa a la regressió de la classe de precipitació >20mm i condicions d'humitat anterior II, els estimadors estandaritzats que en resulten – veure taula 19 – són força coherents. La variable amb major pes a nivell diari és la precipitació, seguida de l'evapotranspiració en una relació inversament proporcional – a major evapotranspiració, menys disponibilitat d'aigua i, per tant, menor resposta a nivell de cabal – i finalment del NC. Cal destacar que el pes de les variables és tot del mateix ordre de magnitud.

**Taula 19.** Estimadors estandaritzats per a la regressió volum d'escolament explicat per la precipitació, evapotranspiració i número de corba en les condicions d'humitat antecedent I i la classe de precipitació >20mm.

<b>Variable</b>	<b>Estimador estandaritzat</b>
<b>Terme independent</b>	0
<b>P</b>	0,6935
<b>ETP</b>	-0,3037
<b>NC</b>	0,2167

#### 6.2.2.2 Relació diària entre el volum d'escolament i les variables precipitació, temperatura o evapotranspiració i paràmetres de intensitat de la pluja

En primer lloc es fa l'anàlisi amb tots els episodis conjunts, obtenint un coeficient de determinació d'aproximadament 0,30 – a priori, resultats similars a l'apartat 6.2.1.1 – tot i que en aquest cas, els estimadors estandaritzats – veure taula 20 – mostren que, si bé la precipitació continua essent clarament la variable amb més pes en la regressió, la suma dels estimadors estandaritzats dels paràmetres d'intensitat i durada de la precipitació és gairebé la meitat del pes de la precipitació.

**Taula 20.** Estimadors estandaritzats per a la regressió volum d'escolament diari explicat per la precipitació, evapotranspiració i paràmetres d'intensitat.

<b>Variable</b>	<b>Estimador estandaritzat</b>
<b>Terme independent</b>	0
<b>P</b>	0,4890
<b>ETP</b>	-0,0314
<b>Hores P</b>	0,0702
<b>Intensitat mitja</b>	0,0743
<b>Intensitat màxima</b>	0,0907

En aquest cas, també es fa l'anàlisi separant els episodis segons les condicions d'humitat antecedent i la classe de precipitació. Els resultats dels coeficients de determinació, el número de punts així com el valor de probabilitat associada al test F – indicatiu de la fiabilitat del model – són els mostrats en la taula 21.



**Taula 21.** Coeficients de determinació de les regressions entre volum d'escolament diari i les variables explicatives precipitació, evapotranspiració i paràmetres d'intensitat i durada de la precipitació i separat segons les condicions d'humitat antecedent i classe de precipitació.

Classe de precipitació	Condicions d'humitat antecedent	Coeficient de determinació, $R^2$	Nivell de significació (gll)	Probabilitat F
<10	CI	0,0071	1238	0,1180
<10	CII	0,0255	344	0,1129
<10	CIII	0,1719	639	<0,0001
10-20	CI	0,7899	3	0,4456
10-20	CII	0	0	1,0000
10-20	CIII	0,4004	5	0,7465
>20	CI	0	0	1,0000
>20	CII	0	0	1,0000
>20	CIII	0,7424	3	0,5251

D'aquests resultats se'n desprèn que, tot i que hi ha varies regressions en les que la quantitat de punts és insuficient com per establir un model, la major part dels valors del coeficient de determinació són superiors al incloure els paràmetres d'intensitat i durada de cada episodi que en les regressions de l'apartat 6.2.1.1.

Tanmateix la probabilitat associada al test de Fischer és, excepte en el cas de la classe de precipitació <10mm i la condició d'humitat III, sempre superior a 0,10 – per tant l'interval de confiança és inferior al 90% en gairebé tots els casos.

#### 6.2.2.3 Evolució temporal del coeficient d'escolament anual

Emprant les dades de volum d'escolament i precipitació global anuals – dels anys en que es disposa de totes les dades –, es determina el coeficient d'escolament i se n'analitza l'evolució al llarg del temps.

Tot i que el coeficient de determinació indica que si que hi ha una tendència positiva – 0,1249 –, el valor de probabilitat associada al F-valor de l'anàlisi de la varianza és de 0,22, superior al que es pot permetre per a un interval de confiança del 95%.

Per tant, la informació que es podria extreure d'aquesta regressió no seria suficientment fiable.

#### 6.2.2.4 Relació anual entre el volum d'escolament i les variables precipitació anual, temperatura mitjana o evapotranspiració i número de corba.

La regressió a nivell anual revela resultats amb un ajust molt millor que la resta de regressions de l'anàlisi de la dinàmica hidrològica. En aquest cas, tant en l'anàlisi amb la temperatura mitjana anual com amb l'evapotranspiració total, els dos valors del coeficient de determinació són superiors a 0,85 – 0,88 per a la temperatura i 0,86 per l'evapotranspiració. A més a més la probabilitat associada al test de Fischer dona un valor de confiança superior al 99'99% – així doncs, la fiabilitat del model és molt alta –.

Pel que fa al pes de les variables en la estimació del cabal, a la taula 22 es pot comprovar que, en aquest cas, cada variable té un pes del mateix ordre de magnitud que la resta. Tot i que la precipitació continua essent la que més aporta en la explicació de la variabilitat del cabal, aquí els usos del sòl prenen un paper molt rellevant ja que són aproximadament la meitat del pes de la precipitació.

**Taula 22.** Estimadors estandaritzats per a la regressió volum d'escolament anual explicat per la precipitació, evapotranspiració i NC<sup>76</sup>.

Variable	Estimador estandaritzat	
	Regressió amb T	Regressió amb ETP
<b>Terme independent</b>	0**	0
<b>P</b>	0,8324	0,682
<b>T</b>	-0,3125	
<b>ETP</b>		-0,2833*
<b>NC</b>	0,4968	0,3116

<sup>76</sup> \* indica que l'estimador té una fiabilitat < 90%

\*\* indica que l'estimador té una fiabilitat < 95%

### 6.2.3 Hidrogrames dels l'aiguats de disseny per un període de retorn de 10 anys en funció dels NC de 1977 i de 2005

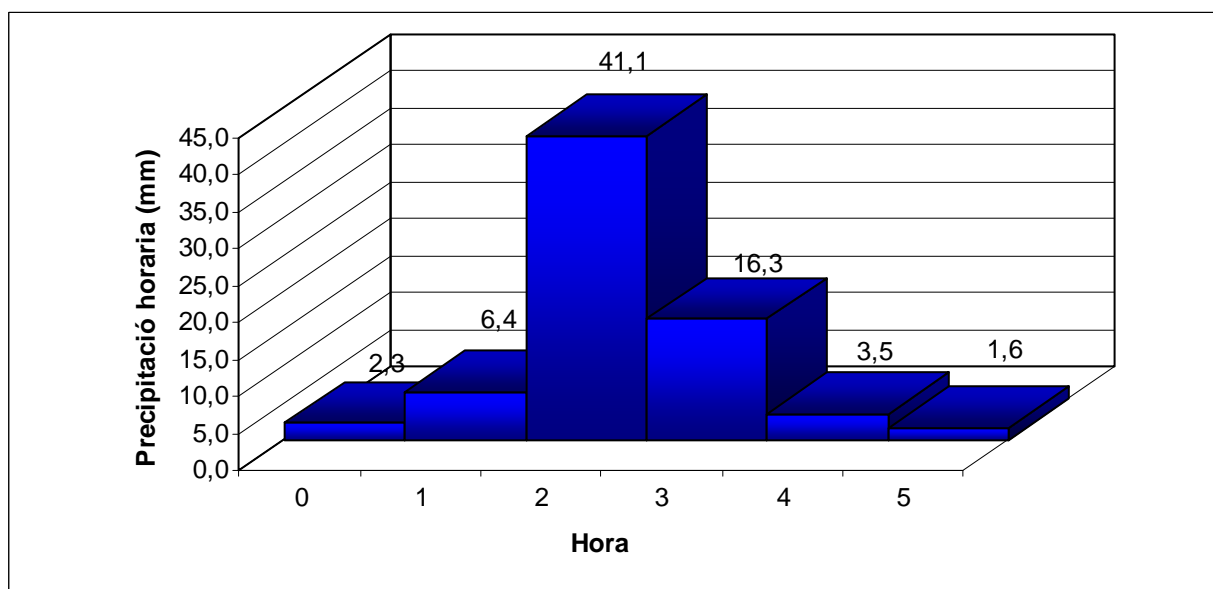
#### 6.2.3.1 Pluja de disseny per un període de retorn de 10 anys

Un cop elaborades les corbes IDF a partir de les dades de precipitació màxima 24h anuals<sup>77</sup>, es prenen els valors d'intensitat horària per a un període de retorn de 10 anys segons la durada i es calcula la precipitació del segon període del model d'aiguat de 24h.

La precipitació que s'estima per a la pluja de disseny és la indicada en la taula 23 i representada en el gràfic 21.

**Taula 23.** Pluja de disseny per a un període de retorn de 10 anys.

Hora	Precipitació horària (mm)
0	2,3
1	6,4
2	41,1
3	16,3
4	3,5
5	1,6



**Gràfic 21.** Representació gràfica del repartiment de la pluja en l'aiguat de disseny per a un període de retorn de 10 anys.

<sup>77</sup> Veure Annex XVII, Valors de Pmax 24h i Annex XXII, Corbes IDF

### 6.2.3.2 Càlcul de la pluja neta

A continuació es fa el càlcul de quina part de la pluja passarà a ser escolament. En primer lloc es determina el valor de  $0,2S_{\max}$ , que és el que fixa l'inici de l'escolament – taula 24 –, i tot seguit es calcula la pluja neta per a cada interval horari – taula 25 – resultant-ne la gràfica 22 per al global de la conca.

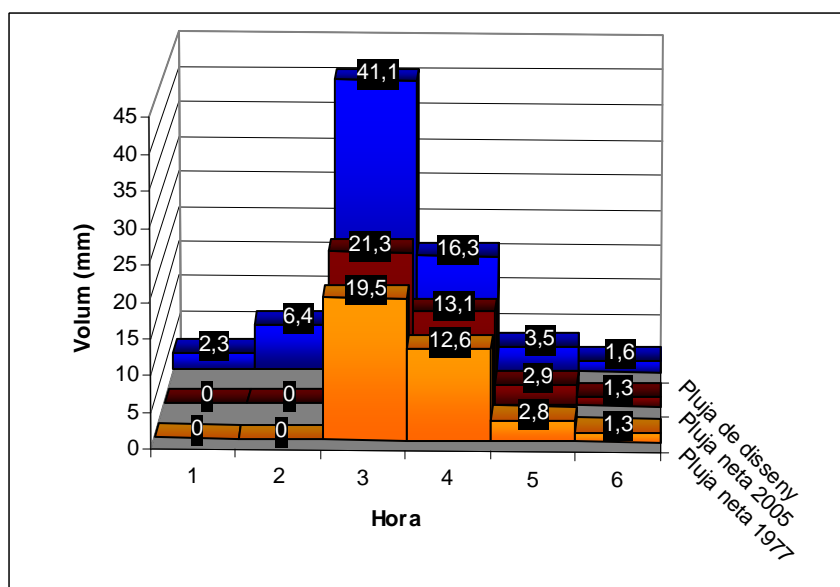
**Taula 24.** Valors de  $0,2S_{\max}$  per a cada subconca segons l'any<sup>78</sup>.

Any 1977				Any 2005			
Subconca	NC (III)	Smax	0,2Smax	Subconca	NC (III)	Smax	0,2Smax
1	85,0	44,7	8,9	1	86,4	40,0	8,0
2	85,2	44,1	8,8	2	86,7	39,0	7,8
3	82,1	55,3	11,1	3	83,9	48,7	9,7
4	78,6	69,2	13,8	4	82,7	53,2	10,6
5	80,4	62,0	12,4	5	82,1	55,6	11,1
6	80,3	62,5	12,5	6	81,1	59,4	11,9
7	83,2	51,4	10,3	7	84,8	45,4	9,1
8	86,8	38,7	7,7	8	85,7	42,2	8,4
9	81,7	56,9	11,4	9	83,7	49,6	9,9
10	83,9	48,6	9,7	10	84,2	47,8	9,6
11	84,0	48,3	9,7	11	84,8	45,4	9,1
12	82,0	55,7	11,1	12	82,2	55,0	11,0
13	78,1	71,3	14,3	13	76,2	79,2	15,8
14	83,6	49,7	9,9	14	83,2	51,1	10,2
15	84,4	47,0	9,4	15	84,0	48,2	9,6
16	80,2	62,8	12,6	16	81,9	56,0	11,2
17	85,7	42,5	8,5	17	85,7	42,5	8,5
18	85,8	41,9	8,4	18	85,4	43,4	8,7
19	79,7	64,6	12,9	19	79,4	65,8	13,2
20	83,7	49,4	9,9	20	84,4	47,0	9,4
21	83,1	51,7	10,3	21	84,3	47,5	9,5
22	85,2	44,0	8,8	22	85,7	42,2	8,4
23	78,6	69,3	13,9	23	79,1	67,1	13,4
24	83,3	50,9	10,2	24	84,3	47,3	9,5
<b>Mitjana</b>	81,6	57,4	11,5	<b>Mitjana</b>	82,3	54,6	10,9

<sup>78</sup> NC (III) indica que és el valor del NC calculat per a les condicions d'humitat 3.

**Taula 25.** Pluja neta per a cada subconca segons l'any.

Any 1977							Any 2005						
Subconca	P0	P1	P2	P3	P4	P5	Subconca	P0	P1	P2	P3	P4	P5
1	0,00	0,00	19,45	12,57	2,84	1,30	1	0,00	0,01	21,26	13,05	2,93	1,34
2	0,00	0,00	19,68	12,64	2,85	1,30	2	0,00	0,02	21,68	13,16	2,95	1,35
3	0,00	0,00	15,89	11,50	2,64	1,21	3	0,00	0,00	18,02	12,16	2,76	1,27
4	0,00	0,00	12,23	10,19	2,39	1,10	4	0,00	0,00	16,53	11,71	2,68	1,23
5	0,00	0,00	14,02	10,86	2,52	1,16	5	0,00	0,00	15,82	11,48	2,63	1,21
6	0,00	0,00	13,88	10,81	2,51	1,15	6	0,00	0,00	14,72	11,11	2,56	1,18
7	0,00	0,00	17,12	11,89	2,71	1,24	7	0,00	0,00	19,17	12,49	2,83	1,29
8	0,00	0,02	21,80	13,19	2,95	1,35	8	0,00	0,00	20,38	12,83	2,89	1,32
9	0,00	0,00	15,42	11,34	2,61	1,20	9	0,00	0,00	17,71	12,07	2,75	1,26
10	0,00	0,00	18,04	12,17	2,76	1,27	10	0,00	0,00	18,32	12,25	2,78	1,27
11	0,00	0,00	18,14	12,20	2,77	1,27	11	0,00	0,00	19,17	12,49	2,83	1,29
12	0,00	0,00	15,78	11,47	2,63	1,21	12	0,00	0,00	15,97	11,53	2,64	1,21
13	0,00	0,00	11,78	10,01	2,35	1,08	13	0,00	0,00	10,14	9,32	2,22	1,03
14	0,00	0,00	17,68	12,06	2,74	1,26	14	0,00	0,00	17,20	11,92	2,72	1,25
15	0,00	0,00	18,61	12,34	2,80	1,28	15	0,00	0,00	18,18	12,21	2,77	1,27
16	0,00	0,00	13,80	10,78	2,50	1,15	16	0,00	0,00	15,67	11,43	2,63	1,21
17	0,00	0,00	20,27	12,80	2,88	1,32	17	0,00	0,00	20,28	12,80	2,88	1,32
18	0,00	0,00	20,50	12,86	2,89	1,32	18	0,00	0,00	19,95	12,71	2,86	1,31
19	0,00	0,00	13,34	10,61	2,47	1,14	19	0,00	0,00	13,05	10,50	2,45	1,13
20	0,00	0,00	17,78	12,09	2,75	1,26	20	0,00	0,00	18,59	12,33	2,79	1,28
21	0,00	0,00	17,01	11,86	2,71	1,24	21	0,00	0,00	18,44	12,29	2,79	1,28
22	0,00	0,00	19,72	12,65	2,85	1,31	22	0,00	0,00	20,38	12,83	2,89	1,32
23	0,00	0,00	12,22	10,18	2,39	1,10	23	0,00	0,00	12,73	10,38	2,42	1,12
24	0,00	0,00	17,26	11,94	2,72	1,25	24	0,00	0,00	18,50	12,30	2,79	1,28
Mitjana	0,00	0,00	19,45	12,57	2,84	1,30	Mitjana	0,00	0,01	21,26	13,05	2,93	1,34

**Gràfica 22.** Representació de la pluja neta per als anys 1977 i 2005 així com la pluja de disseny de la que parteixen<sup>79</sup>. Valors presos del total de la conca.

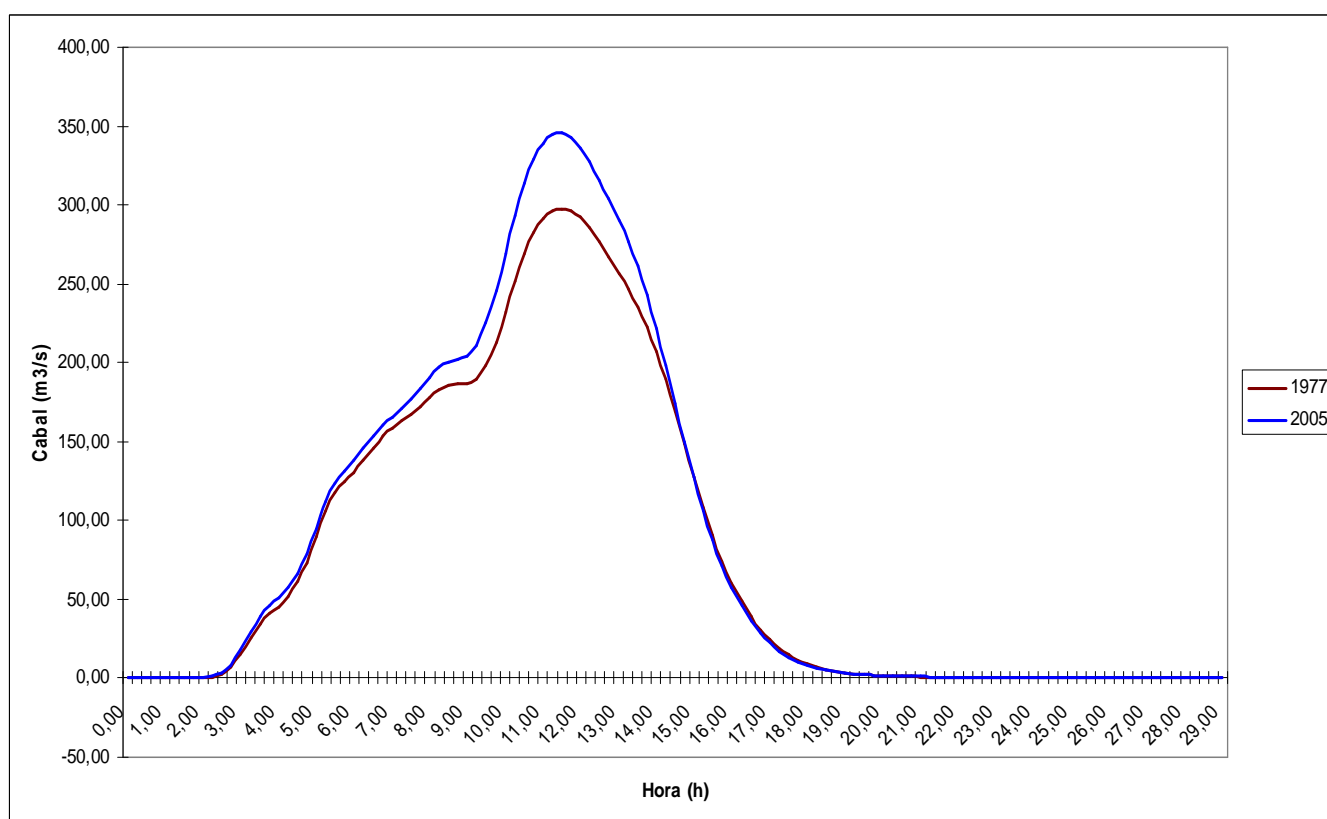
<sup>79</sup> No s'inclou el gràfic de l'any 2005 ja que els canvis a nivell de conca que succeeixen en el NC no són suficients com per veure diferències a simple vista entre ambdós gràfics.

### 6.2.3.3 Hidrogrames estimats

Per a poder determinar l'hidrograma de sortida, en primer lloc es necessita fer el càlcul de l'hidrograma sintètic per a cada subconca<sup>80</sup>. Un cop calculats, es procedeix a sumar a cada taula de temps de cada hidrograma el temps concret per a aquella subconca que tarda l'aigua en arribar a la sortida de la conca.

Aleshores es fa una interpolació de cada hidrograma per obtenir les dades en intervals horaris de 0,25 hores i ja es procedeix a l'aplicació del mètode de Muskingum<sup>81</sup>.

Un cop feta la iteració del mètode, els hidrogrames de sortida resultants són els indicats en la taula 26 i representats conjuntament en el gràfic 23.



**Figura 23.** Representació gràfica, en funció de l'any, dels hidrogrames de sortida estimats per a una pluja de disseny d'un període de retorn de 10 anys.

<sup>80</sup> Veure Annex XXIII, Temps de concentració i esquema del flux i Annex XXIV, Hidrograma sintètic del SCS.

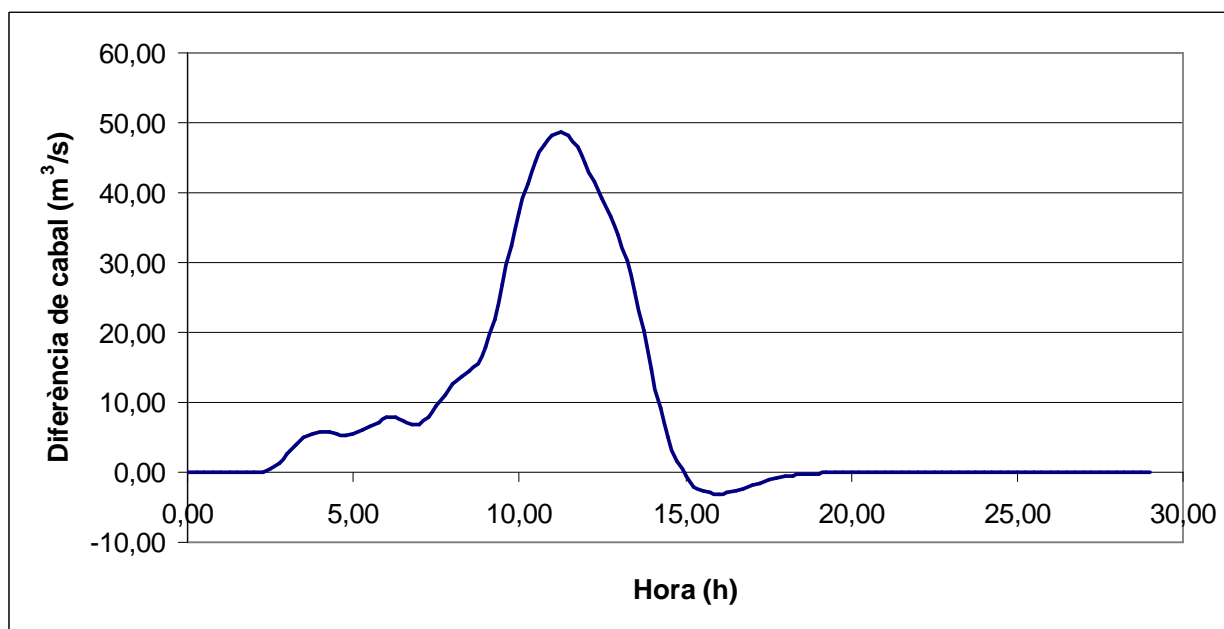
<sup>81</sup> Veure Annex XXV, Aplicació del mètode de Muskingum.

**Taula 26.** Hidrogrames estimats de sortida per a una pluja de disseny amb un període de retorn de 10 anys per als anys 1977 i 2005. En negreta, el cabal punta.

Cabal (m3/s)			Cabal (m3/s)			Cabal (m3/s)		
Hora	1977	2005	Hora	1977	2005	Hora	1977	2005
0,00	0,00	0,00	10,00	232,22	269,36	20,00	1,53	1,55
0,25	0,00	0,00	10,25	251,74	292,95	20,25	1,29	1,32
0,50	0,00	0,00	10,50	268,93	313,33	20,50	1,12	1,17
0,75	0,00	0,00	10,75	282,20	328,95	20,75	0,98	1,03
1,00	0,00	0,00	11,00	291,05	339,29	21,00	0,87	0,92
1,25	0,00	0,00	11,25	296,07	344,83	21,25	0,77	0,83
1,50	0,00	0,00	11,50	<b>297,64</b>	<b>345,80</b>	21,50	0,70	0,75
1,75	0,00	0,00	11,75	296,31	342,84	21,75	0,63	0,69
2,00	0,00	0,00	12,00	292,03	336,22	22,00	0,58	0,63
2,25	0,83	0,95	12,25	285,28	326,90	22,25	0,52	0,57
2,50	2,80	3,27	12,50	276,59	315,71	22,50	0,48	0,53
2,75	7,29	8,55	12,75	266,89	303,55	22,75	0,44	0,49
3,00	15,42	17,95	13,00	256,86	290,73	23,00	0,41	0,45
3,25	25,93	29,86	13,25	246,62	276,91	23,25	0,37	0,41
3,50	34,71	39,68	13,50	235,52	261,22	23,50	0,35	0,38
3,75	40,69	46,31	13,75	222,73	243,05	23,75	0,26	0,28
4,00	45,39	51,24	14,00	207,28	221,90	24,00	0,24	0,26
4,25	51,86	57,59	14,25	189,36	198,68	24,25	0,22	0,24
4,50	61,11	66,62	14,50	169,39	174,27	24,50	0,21	0,22
4,75	73,59	78,98	14,75	148,48	150,06	24,75	0,19	0,21
5,00	89,18	94,74	15,00	127,67	127,03	25,00	0,18	0,19
5,25	105,66	111,66	15,25	108,03	106,04	25,25	0,16	0,17
5,50	117,32	123,81	15,50	90,14	87,44	25,50	0,14	0,16
5,75	124,39	131,60	15,75	74,40	71,39	25,75	0,05	0,05
6,00	130,42	138,23	16,00	60,69	57,64	26,00	0,05	0,05
6,25	137,96	145,84	16,25	48,97	46,05	26,25	0,04	0,05
6,50	146,15	153,59	16,50	39,08	36,43	26,50	0,04	0,04
6,75	153,22	160,14	16,75	30,90	28,60	26,75	0,01	0,02
7,00	158,84	165,78	17,00	24,20	22,29	27,00	0,01	0,01
7,25	163,49	171,32	17,25	18,80	17,28	27,25	0,01	0,01
7,50	167,37	176,74	17,50	14,57	13,39	27,50	0,01	0,01
7,75	172,43	183,59	17,75	11,31	10,43	27,75	0,00	0,00
8,00	178,16	190,89	18,00	8,79	8,16	28,00	0,00	0,00
8,25	183,11	196,86	18,25	6,85	6,40	28,25	0,00	0,00
8,50	185,76	200,15	18,50	5,38	5,07	28,50	0,00	0,00
8,75	186,28	201,71	18,75	4,27	4,06	28,75	0,00	0,00
9,00	186,34	204,12	19,00	3,41	3,27	29,00	0,00	0,00
9,25	189,48	211,26	19,25	2,73	2,65	29,25	0,00	0,00
9,50	198,27	225,16	19,50	2,23	2,18			
9,75	213,30	245,54	19,75	1,84	1,83			

#### 6.2.3.4 Comparació entre l'hidrograma de sortida estimat per l'any 1977 i el de 2005

En primer lloc es determina quina és la diferència entre els valors de cabal estimat per al 1977 i 2005. La representació gràfica és la figura 24.



**Figura 24.** Diferència en els valors de cabal entre l'hidrograma de sortida estimat per a l'any 2005 i el de 1977.

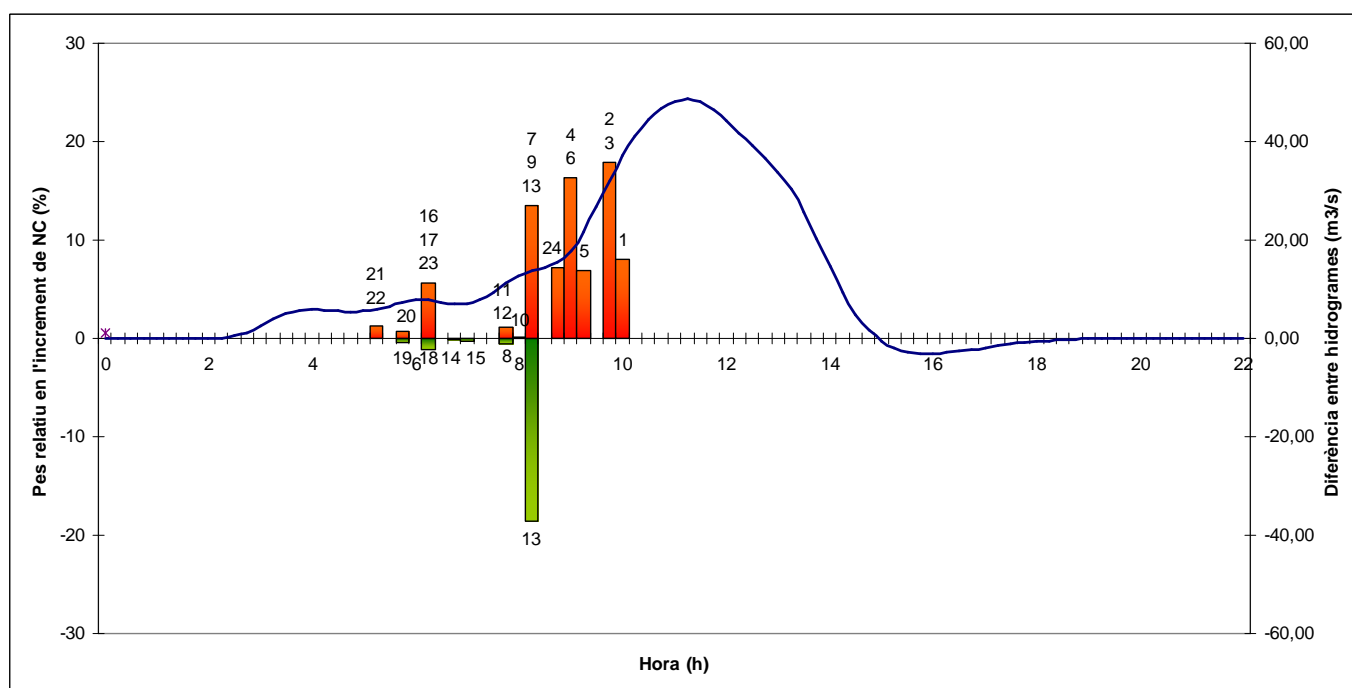
Com es pot comprovar, la pendent positiva deguda al major cabal de l'any 2005, es veu truncada aproximadament a les 7 hores. Després recupera el creixement fins arribar al punt màxim a les 11 hores i 15 minuts en que la diferència és de 48,8 m³/s – just 15 minuts abans del cabal punta –. I tot seguit ràpidament disminueix la diferència fins a les 15 hores en que és negatiu.

En el moment del cabal punta, la diferència entre 2005 i 1977 – 48,2 m³/s – representa un increment de més del 16,2% del cabal estimat per l'any 1977.

Si es fa una representació com l'anterior però que inclogui el percentatge de l'increment de número de corba per a cada subconca<sup>82</sup> en el moment en que el cabal punta de l'hidrograma d'aquesta arriba a la sortida, el resultat és la figura 25.

<sup>82</sup> Percentatge de l'increment total de NC que representa la variació del NC d'una subconca multiplicada per la seva superfície i dividit pel valor total de canvis de la conca





**Figura 25.** Representació gràfica de la diferència de cabal entre els dos hidrogrames de sortida estimats i el pes de cada subconca en les diferències del NC indicats en el moment en que el cabal punta de cada subconca arriba a la sortida<sup>83</sup>.

Es pot observar una clara tendència a incrementar l'escolament a mesura que aporten les conques que han estat cremades i a mesura que el seu pes incrementa. Tanmateix aquesta tendència es veu truncada per l'efecte de la subconca 13 que contrarresta gran part de l'escolament que es genera de més. Així, on s'acumula el màxim de pes de les subconques la diferència no augmenta proporcionalment a aquesta per l'efecte nombrat.

Pel que fa a l'anàlisi estadístic<sup>84</sup>, el test t de la diferència de mitjanes entre l'hidrograma de 1977 i 2005 indica que el darrer és clarament superior al 1977 – amb un interval de confiança del 99,99% –.

Així doncs, es conclou que hi ha una augment significatiu en el cabal estimat entre l'hidrograma de sortida de l'any 1977 i el de 2005, sobretot accentuat per l'efecte dels incendis de les subconques més llunyanes a la sortida i en part contrarrestat per la subconca 13 gràcies a l'increment de superfície boscosa.

<sup>83</sup> En cada columna estan sumats els valors del total de canvi que representen de totes les conques el cabal punta de les quals arriba a la sortida de la conca en el mateix moment. Els números que hi ha a sobre cada columna són els identificadors, separats per una coma, de les subconques el cabal punta de les quals arriba en aquell instant a la sortida.

<sup>84</sup> Veure Annex XXVIII, Resultats estadístics de la comparació dels hidrogrames estimats de 1977 i 2005.

## 7. Conclusions

### Relació entre els factors condicionants de la dinàmica hidrològica i el volum d'escolament a nivell diari

1. La precipitació total té molt més pes en l'explicació del volum d'escolament generat per un episodi que altres factors com la temperatura, l'evapotranspiració o els usos del sòl. De forma general, en augmentar el volum total de precipitació d'un episodi també augmenta el coeficient de determinació entre els factors condicionants i l'escolament generat.
2. Les variables referides a la intensitat i durada de la precipitació tenen un pes del mateix ordre de magnitud que el volum total de la precipitació en l'explicació de l'escolament diari, però a diferència de l'anterior, són dades de disponibilitat més reduïda.

### Relació entre els factors condicionants de la dinàmica hidrològica i el volum d'escolament a nivell anual

3. Les variables precipitació, temperatura, evapotranspiració i Número de Corba – NC – expliquen més del 85% de la variabilitat del volum anual d'escolament. En aquest cas, la variable representativa dels usos del sòl té la meitat de pes que la precipitació.

### Diferències en els hidrogrames estimats per a l'aiguat de càlcul d'un període de retorn de 10 anys degudes al canvi d'usos del sòl dels anys 1977 i 2005

4. El cabal punta hipotètic per a l'episodi de període de retorn de 10 anys corresponent als usos del sòl de l'any 2005 és un 16.2% superior al de 1977. En aquest sentit, l'escolament generat també és més gran a causa de l'efecte dels incendis que afecten a les subconques més allunyades de la sortida. Aquest efecte, es veu en part contrarestat per la subconca 13, gràcies a l'increment de superfície boscosa en detriment de la zona de prats en aquesta zona.

## 8. Bibliografia

### Llibres i publicacions

- Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2003. *Recomanacions tècniques per als estudis d'inundabilitat d'àmbit local*. Departament de Medi Ambient, Barcelona.
- Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2006. *Edicte de 28 de desembre de 2006, pel qual es dóna publicitat a l'Acord d'11 de desembre de 2006 del Consell d'Administració de l'Agència Catalana de l'Aigua, pel qual s'aprova el Pla d'ordenació d'extraccions de l'aqüífer Carme-Capellades*. Publicat al DOGC núm. 4799 de 15 de gener de 2007, pag. 1614-1622.
- Agència Catalana de l'Aigua (ACA), 2008. *Resum de la diagnosi de les problemàtiques per a l'àmbit del Baix Llobregat – Anoia*. Departament de Medi Ambient i Habitatge, Barcelona.
- Agrupació Escolta Torxa (AET), 1980. *Un riu anomenat Anoia*. AET, Igualada.
- Allen R., Pereira L., Raes D. i Smith M., 1998. *Crop evapotranspiration, Irrigation and drainage*. FAO, Roma.
- Andréassian V., 2004. Waters and forests: from historical controversy to scientific debate. *Journal of Hydrology* 291: 1-27.
- Aparicio F.J., 1999. *Fundamentos de hidrología de superficie*. Editorial Limusa Noriega Editores, Mexico D.F.
- Ayala-Carcedo F.J., 1996. Reducción de los recursos hídricos en España por el posible cambio climático. *Tecno ambiente* 64: 43-48.
- Barrera A., Llasat M.C., 2004. Evolución regional de la precipitación en España en los últimos 100 años. *Ingeniería Civil* 135: 105-113.
- Burgueño A., Serra C. i Lana X., 2004. Monthly and annual statistical distributions of daily rainfall at the Fabra Observatory (Barcelona, NE Spain) for the years 1917-1999. *Theoretical and Applied Climatology* 77: 57-75.
- Ceballos A., 2008. "Cambio ambiental y recursos hídricos en la Cuenca del Duero: estudio de un caso práctico", Conferència dins del marc del curs "Erosión y degradación de los suelos forestales mediterráneos". 22-24 juliol de 2008, Font-Roja (Alacant).
- Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF), 2003. *Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya, Regió forestal IV – Anoia, Bages, Berguedà i Solsonès* -. Departament de Medi Ambient, Barcelona.

- Diputació de Barcelona (DIBA), 1995. *El riu Anoia al pas per Igualada, diagnosi i control de la qualitat de les aigües*. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Diputació de Barcelona (DIBA), 1999. *Cabals i qualitat biològica del riu Anoia*. Diputació de Barcelona, Barcelona.
- Elias F. i Castellví F., 1996. *Agrometeorología*. Editorial Mundi Prensa, Madrid.
- Ferrer F.J., 1991. *Hidrologia general i aplicada*. CEDEX. Apunts de l'assignatura.
- Gallart F. i Llorens P., 2004. Observations on land cover changes and water resources in the headwaters of the Ebro catchment, Iberian Peninsula. *Physics and Chemistry of the Earth* 29: 769-773.
- García-Ruiz J.M., Begueria S., Lopez-Moreno J.I., Lorente A. i Seeger M., 2001. *Los recursos hídricos superficiales del Pirineo aragonés y su evolución reciente*. Ed. Geoforma, Logroño.
- Hermosilla A., 2006. *Informe econòmic anual de l'Anoia*. Ed. Ajuntament d'Igualada, Igualada.
- Jagannathan P., Arlery R., ten Kate H. i Zavarina M., 1967. Nota sobre normales climatológicas. *Organización Meteorológica Mundial, Nota Técnica 84*. OMM, Ginebra.
- Karvonen T., Koivusalo H., Jauhainen M., Palko J. i Wepling K., 1999. A hydrological model for predicting runoff from different land use areas. *Journal of Hydrology* 217: 253-265.
- López G., 2006. *Los árboles y arbustos de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Mundi-Prensa, Madrid.
- Masich J.M., Balasch J.C. i Poch R.M., 2008. *Hidrologia de superfície i conservació de sòls*. Universitat de Lleida. Apunts de l'assignatura.
- Mimikou M.A., Baltas E., Varanou E. i Pantazis K., 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *Journal of Hydrology* 234: 95-109.
- Möller M. i Stanhill G., 2007. Hydrological impacts of changes in evapotranspiration and precipitation: two case studies in semi-arid and humid climates. *Hydrological Sciences* 52(6): 1216-1231.
- Naef F., Scherrer S. i Weiler M., 2002. A process based assessment of the potential to reduce flood runoff by land use change. *Journal of Hydrology* 267: 74-79.
- Niehoff D., Fritsch U. i Bronstert A., 2002. Land-use impacts on storm-runoff generation: scenarios of land-use change and simulation of hydrological

response in a meso-scale catchment in SW-Germany. *Journal of Hydrology* 267: 80-93.

- Pons J. i Guinjoan M., 2004. *Estudi socioeconòmic de la comarca de l'Anoia 2004*. Ed. Cambra de Comerç de Barcelona, Barcelona.
- Riba O., 1979. *Geografia física dels Països Catalans*. Ed. Ketres, Barcelona.
- Rodrigo F.S., 2002. Changes in climate variability and seasonal rainfall extremes: a case study from San Fernando (Spain), 1821-2000. *Theoretical and Applied Climatology* 72: 193-207.
- Saladié O., Brunet M., Aguilar E., Sigró J. i López D., 2004. Variaciones y tendencia secular de la precipitación en el sistema mediterráneo catalán (1901-2000). Pp. 399-408 del llibre: *El Clima entre el Mar y la Montaña*. Asociación Española de Climatología y Universidad de Cantabria, Santander.
- Servei Meteorològic de Catalunya (SMC), 2007. *Anuari de dades meteorològiques de 2007*. SMC, Barcelona.
- Thom H.C.S., 1966. *Some methods of climatological analysis*. OMM, nota tècnica nº 81, OMM N°199, Ginebra.
- Viessman J.R., Lewis G.L. i Knapp J.W., 1989. *Introduction to hydrology*. 3a edició. Harper Collins Publishers, New York.
- Zimmermann B., Helmut E. i De Moraes J.M., 2006. The influence of land-use changes on soil hydraulic properties: Implications for runoff generation. *Forest Ecology and Management* 222: 29-38.

### Informació en xarxa

1. Agència Catalana de l'Aigua, consulta de dades. Disponible a la web [http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?\\_nfpb=true&\\_pageLabel=P1222154461208201295903](http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca?_nfpb=true&_pageLabel=P1222154461208201295903). Enllaç comprovat el 05.11.2009.
2. Masses d'aigua, consulta del document IMPRESS. Disponible a la web <http://aca-web.gencat.cat/aca/appmanager/aca/aca>. Enllaç comprovat el 02.11.2009.
3. Atlas climàtic de Catalunya. Disponible a la web [http://mediambient.gencat.cat/cat/el\\_departament/cartografia/fitxes/inici.jsp](http://mediambient.gencat.cat/cat/el_departament/cartografia/fitxes/inici.jsp). Enllaç comprovat el 02.11.2009.
4. Institut d'Estadística de Catalunya, Anuari Estadístic de Catalunya 2007. Disponible a la web [www.idescat.cat](http://www.idescat.cat). Enllaç comprovat el 02.11.2009.
5. Institut Cartogràfic de Catalunya, consulta de mapes. Disponible a la web <http://www.icc.cat/web/content/ca/index.html>. Enllaç comprovat el 09.11.2009.
6. Departament de Medi Ambient i Habitatge, cartografia. Disponible a la web [http://mediambient.gencat.cat/cat/el\\_departament/cartografia/inici.jsp](http://mediambient.gencat.cat/cat/el_departament/cartografia/inici.jsp). Enllaç comprovat el 09.11.2009.
7. Departament de Medi Ambient i Habitatge, estadístiques d'incendis per al període 1986-2005 a Catalunya. Disponible a la web [http://www.mediambient.gencat.cat/cat/el\\_medi/incendis/doc/estadistiques/bcn.pdf](http://www.mediambient.gencat.cat/cat/el_medi/incendis/doc/estadistiques/bcn.pdf). Enllaç comprovat el 09.11.2009.
8. Departament de Medi Ambient i Habitatge, històric d'incendis 1968-2007. Disponible a la web <http://www6.gencat.net/mediamb/incendis/scripts/default.asp>. Enllaç comprovat el 11.11.2009.